

Wissenschaftskommunikation im Schülerlabor:
Eine Interventionsstudie zu epistemischen
Überzeugungen über aktuelle biomedizinische Forschung

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Martina Kapitza

Kiel, 2020

Erste Gutachterin: Prof. Dr. Kerstin Kremer
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Hinrich Schulenburg

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Oktober 2020

Wenn wir uns die zufällige Kette von Ereignissen ansehen, die uns dahin brachte, wo wir heute sind, verstehen wir, wie all unsere Gedanken und Träume Gestalt annehmen- und wir können damit beginnen, anders zu denken und zu träumen.

(Yuval Noah Harari, *Homo Deus*, S. 87)

Zusammenfassung

Im Bereich der Wissenschaftskommunikation sind mittlerweile zahlreiche Initiativen und Angebote zur Förderung eines Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft entstanden. Dennoch gibt es bislang nur wenige empirische Studien, welche die einzelnen Formate hinsichtlich ihrer Effektivität evaluiert haben. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit exemplarisch das Format des Schülerlabors untersucht. Das Vorhaben verteilt sich auf die Schwerpunkte Entwicklung und Forschung. Es wurde ein Angebot für das Schülerlabor zu den aktuellen biomedizinischen Forschungsthemen Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose konzipiert, welches Lernenden authentische Einblicke in aktuelle biomedizinische Forschung ermöglicht. Das entwickelte Angebot wurde anschließend in einer Interventionsstudie untersucht, wobei der Forschungsfokus auf den epistemischen Überzeugungen der Lernenden in Bezug zur Biomedizin lag. Aufgrund des komplexen Charakters des Konstrukts wurden eine Kombination quantitativer und qualitativer Methoden und ein personenzentrierter Analyseansatz verwendet. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass sowohl der kombinierte Einsatz quantitativer (Fragebögen) und qualitativer Methoden (*Concept Cartoons* und Gruppendiskussionen) zur Erfassung epistemischer Überzeugungen, als auch die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes (latente Profil- und Transitionsanalyse) tiefgehende Einblicke in das Konstrukt und die Veränderungsprozesse gewähren. So ermöglicht es der Einsatz von *Concept Cartoons*, auch abwägende Haltungen von Lernenden zu erfassen. Die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes erlaubt des Weiteren eine Identifizierung von Sub- und Risikogruppen, für die in Zukunft entsprechend geeignete Instruktions- und Unterstützungsmaßnahmen konzipiert werden können. Die Untersuchung von Veränderungsprozessen mittels der latenten Transitionsanalyse stellt eine Erweiterung bisheriger Interventionsstudien dar und ermöglicht eine Betrachtung individueller Veränderungsprozesse in größeren Stichproben. Die gewonnenen Erkenntnisse sind für das (außer)schulische Lernen und die Wissenschaftskommunikation gleichermaßen relevant, um insbesondere bei kontroversen wissenschaftlichen Themen vorhandene Vorstellungen zu naturwissenschaftlichem Wissen und zum Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung einzubeziehen und eine zielgruppenadäquate Wissenschaftskommunikation zu ermöglichen.

Abstract

Within the field of science communication, numerous initiatives have been implemented to promote a dialogue between science and society. Nevertheless, only few empirical studies have examined the effectiveness of various formats of such initiatives. Therefore, this study focusses on the out-of-school student lab as one format of science communication. Moreover, the project can be subdivided into two main areas: development and research. First, an educational program on the current biomedical research topics antibiotic resistance and cystic fibrosis was designed for the student lab. This teaching unit provides secondary school students with insights into current biomedical research. In a consecutive step, the educational program was evaluated in an intervention study, in which the research focus was on students' epistemic beliefs regarding biomedicine. Due to the complex nature of the construct, a combination of quantitative (questionnaires) and qualitative (concept cartoons and group discussions) methods as well as a person-centered approach (latent profile and latent transition analysis) was used. The results indicate that this combination allows for deeper insights into students' epistemic beliefs and the process of belief change. The use of concept cartoons in particular enables the possible identification of deliberative beliefs of the students when compared to the questionnaire data. Furthermore, adopting a person-centered approach in the quantitative part of the study makes it possible to identify different profiles of beliefs, and furthermore, several subgroups of students. This aspect is of particular importance for the development of suitable recommendations on instructive and supportive measures to address specific epistemic belief profiles and subgroups in the future. Moreover, using latent transition analysis to investigate epistemic belief change processes represents a continuation of previous intervention studies and allows for the observation of individual change processes in larger samples. The results of this study are equally important for (in-)formal learning settings and science communication. They can be used to incorporate individual beliefs about the nature of scientific knowledge and knowing, especially with regards to controversial scientific topics, into the creation process of science communication formats that are suitable for the corresponding target audience.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	I
Abstract	III
I EINLEITUNG	1
II THEORETISCHER HINTERGRUND	5
1 Wissenschaftskommunikation und Science Outreach	5
1.1 Einleitung	5
1.2 Das Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation	6
1.3 Das Schülerlabor im Kontext von Wissenschaftskommunikation und Science Outreach	10
2 Epistemische Überzeugungen	15
2.1 Einleitung	15
2.2 Das Konstrukt epistemischer Überzeugungen	17
2.2.1 Theoretische Rahmung epistemischer Überzeugungen.....	18
2.2.2 Zusammenhang zwischen epistemischen Überzeugungen und anderen lernprozessrelevanten Konstrukten	21
2.2.3 Zusammenhang epistemischer Überzeugungen mit individuellem Interesse und Vertrauen.....	23
2.3 Epistemische Überzeugungen in Interventionsstudien.....	26
2.3.1 Entwicklung von epistemischen Überzeugungen.....	27
2.3.2 Theoretische Rahmung des epistemischen Wandels	29
2.3.3 Empirische Befunde zum epistemischen Wandel in Interventionsstudien...	32
2.3.4 Concept Cartoons als Instruktionsmaßnahme zur Adressierung epistemischer Überzeugungen.....	36
2.4 Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von epistemischen Überzeugungen.	39
2.5 Ein personenzentrierter Ansatz: Profile epistemischer Überzeugungen	43

III ZIELSETZUNG DER ARBEIT	52
3 Desiderat	52
4 Forschungsfragen und Hypothesen	58
4.1 Wirksamkeit der Intervention	58
4.2 Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen	61
4.3 Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess.....	63
 IV ENTWICKLUNG DES SCHÜLERLABORPROGRAMMS.....	65
5 Einleitung	65
6 Fachliche Klärung.....	67
6.1 Antibiotikaresistenz.....	67
6.1.1 Einleitung.....	67
6.1.2 Ökologische Zusammenhänge	67
6.1.3 Evolutionsbiologie - ein neuer Blick auf die medizinische Herausforderung	70
6.2 Mukoviszidose	73
7 Außerschulische Unterrichtseinheit - Den Resistenzen auf der Spur	75
7.1 Übersicht	75
7.2 Didaktische Strukturierung	82
 V DESIGN UND METHODEN	86
8 Durchführung der Interventionsstudie	86
8.1 Erhebungsverfahren.....	86
8.1.1 Stichprobe	86
8.1.2 Durchführung der Studie.....	87
8.2 Kombination quantitativer und qualitativer Methoden	88
8.3 Quantitative und qualitative Erhebungsmethoden	91
8.3.1 Quantitative Methode: Fragebögen	91

8.3.2 Qualitative Methoden: Concept Cartoons und Gruppendiskussionen	94
9 Methodisches Vorgehen bei der Datenauswertung	97
9.1 Quantitative Analysemethoden.....	97
9.1.1 Vorgehen bei der Datenaufbereitung.....	98
9.1.2 Konfirmatorische Faktorenanalyse.....	98
9.1.3 Rasch-Analyse für die Fachwissensitems: Das dichotome Raschmodell.....	100
9.1.4 <i>t</i> -Test für unabhängige Stichproben	104
9.1.5 Varianzanalysen	105
9.1.6 Ein personenzentrierter Ansatz: Latente Profilanalyse und latente Transitionsanalyse	110
9.1.7 Bivariate Korrelationsanalysen	115
9.2 Qualitative Analysemethoden	116
9.2.1 Codierung der Schülerantworten zu den <i>Concept Cartoons</i>	116
9.2.2 Qualitative Inhaltsanalyse der Beiträge aus den Concept Cartoons und der Gruppendiskussion	119
9.3 Voranalysen	121
9.3.1 Konfirmatorische Faktorenanalyse.....	121
9.3.2 Reliabilitätsanalysen	123
9.3.3 Rasch-Analyse für die Fachwissensitems.....	124
<u>VI ERGEBNISSE.....</u>	<u>130</u>
10 Quantitative und qualitative Ergebnisse.....	130
10.1 Wirksamkeit der Intervention.....	130
10.1.1 Wirksamkeit der außerschulischen Einheit in Bezug auf Fachwissen, individuelles Interesse und Vertrauen.....	130
10.1.2 Ausprägung des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung nach dem Projekttag	136
10.1.3 Concept Cartoons als Instruktionsmethode	138

10.1.4 Concept Cartoons als Erhebungsmethode.....	140
10.2 Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen	146
10.2.1 Identifizierung von Profilen zu den drei Messzeitpunkten	146
10.2.2 Charakterisierung der Profile zu den drei Messzeitpunkten	150
10.2.3 Charakterisierung des unverbindlichen Profils mittels qualitativer Daten	153
10.2.4 Identifizierung von Profilwechseln.....	156
10.3 Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess.....	160
10.3.1 Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen mit lernprozessrelevanten Konstrukten zum Prä-Zeitpunkt	160
10.3.2 Vergleich der Prä-Profile in Bezug auf lernprozessrelevante Konstrukte am Post-Messzeitpunkt.....	163
VII DISKUSSION	165
11 Diskussion quantitativer und qualitativer Ergebnisse	165
11.1 Wirksamkeit der Intervention	165
11.1.1 Wirksamkeit der außerschulischen Einheit in Bezug auf Fachwissen, individuelles Interesse und Vertrauen	165
11.1.2 Ausprägung des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung nach dem Projekttag.....	170
11.1.3 Concept Cartoons als Instruktionsmethode	171
11.1.4 Concept Cartoons als Erhebungsmethode.....	175
11.1.5 Zusammenfassung: Wirksamkeit der Intervention.....	177
11.2 Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen	179
11.2.1 Identifizierung von Profilen zu den drei Messzeitpunkten.....	180
11.2.2 Charakterisierung der Profile zu den drei Messzeitpunkten	182
11.2.3 Charakterisierung des unverbindlichen Profils mittels qualitativer Daten	186

11.2.4 Identifizierung von Profilwechseln	187
11.2.5 Zusammenfassung: Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen	191
11.3 Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess	194
11.3.1 Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen mit lernprozessrelevanten Konstrukten zum Prä-Zeitpunkt.....	195
11.3.2 Vergleich der Prä-Profile in Bezug auf lernprozessrelevante Konstrukte am Post-Messzeitpunkt	197
11.3.3 Zusammenfassung: Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess.....	199
VIII FAZIT UND IMPLIKATIONEN	202
12 Fazit.....	202
13 Implikationen	206
IX VERZEICHNISSE	210
Literaturverzeichnis	210
Abbildungsverzeichnis	243
Tabellenverzeichnis	245
X ANHANG.....	248
Anhang A: Link zu den Materialien	248
Anhang B: Erklärungen zu den einzelnen Parametern des Behandlungstools	249
Anhang C: Concept Cartoon-Arbeitsblatt	252
Anhang D: Fragebögen	259
Anhang E: Codierleitfaden für die <i>Concept Cartoons</i>	269
Anhang F: Transkriptionsregeln	284
Anhang G: Weitere Ergebnisse	287
Anhang H: Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse zur Subgruppe des unverbindlichen Profils	291

DANKSAGUNG	320
PUBLIKATIONEN UND PRÄSENTATIONEN	322
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	326

I EINLEITUNG

Moderne Wissensgesellschaften sehen sich mit einer erheblichen, nicht zu unterschätzenden Herausforderung konfrontiert: Während neue wissenschaftliche Erkenntnisse bisher traditionell von einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft diskutiert und geprüft wurden, ist es heutzutage auch einem nicht-wissenschaftlichen Publikum möglich, Zugriff auf wissenschaftliche Informationen zu erhalten, welche selbst unter Expertinnen und Experten noch kontrovers diskutiert werden. Der Zugang zu wissenschaftlichen Informationen fordert jeden Menschen auf, individuell zu entscheiden, welche Informationen glaubhaft sind und welche nicht. Bürgerinnen und Bürger sind für ein Verständnis ihrer Umwelt und das Treffen von Entscheidungen im Alltag und in ihrer gesellschaftlichen Rolle auf die Verwendung dieser wissenschaftlichen Informationen angewiesen. Diese übersteigen jedoch größtenteils ihre Expertise. Daher ist es essentiell, die Komplexität und den vorläufigen Charakter im Prozess der Erkenntnisgewinnung zu verstehen, welche mit der Entwicklung von naturwissenschaftlichem und medizinischem Wissen natürlicherweise einhergehen. Für die Ausbildung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses und damit auch den Umgang mit der Vielfalt an Informationen sind die individuellen Vorstellungen einer Person über die Natur des Wissens und des Wissenserwerbs (sogenannte *epistemische Überzeugungen*) von großer Wichtigkeit. Die Forschung zu epistemischen Überzeugungen hilft dabei, zu verstehen, wie Individuen mit kontroversen Informationen umgehen und wissenschaftlich begründetes Wissen für das Treffen von Entscheidungen nutzen. Auch im naturwissenschaftlichen Unterricht geht es nicht nur um die Vermittlung von fachlichen Inhalten, sondern ebenso um die Vermittlung eines Verständnisses der Charakteristika naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse. Forschungsarbeiten zu epistemischen Überzeugungen sind damit nicht nur, wie bereits oben abgeleitet, für den Bereich der Wissenschaftskommunikation, sondern auch für die Didaktik der Naturwissenschaften von großer Bedeutung.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden daher die Perspektiven der Wissenschaftskommunikation und der Naturwissenschaftsdidaktik bzw. der pädagogischen Psychologie zur Untersuchung epistemischer Überzeugungen kombiniert. Das Forschungsfeld der Wissenschaftskommunikation verkörpert dabei den

Kontext für die vorliegende Arbeit. Obwohl bereits vielfältige Angebote zur Wissenschaftskommunikation existieren, gibt es bislang nur wenige empirische Studien, welche die Formate hinsichtlich ihrer Effektivität untersucht haben. An dieser Stelle können theoretische Modelle und Rahmungen sowie methodische Herangehensweisen aus der naturwissenschaftsdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Forschung gewinnbringend für die Evaluation von Wissenschaftskommunikationsformaten eingesetzt werden. In dieser Arbeit wurde das Schülerlabor als Format der Wissenschaftskommunikation gewählt, welches traditionell bereits in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung untersucht wurde. Die Fokussierung auf epistemische Überzeugungen bringt an dieser Stelle jedoch eine neue Perspektive in die Schülerlaborforschung mit ein, da diese bislang in empirischen Evaluationen von Schülerlaborangeboten wenig Beachtung gefunden haben (Kremer & Kapitza, 2020).

Die Zielsetzung der Arbeit verteilt sich auf die zwei Schwerpunkte *Entwicklung* und *Forschung*. Dabei wurde zunächst ein außerschulisches Lernangebot für das Schülerlabor zu den aktuellen biomedizinischen Forschungsthemen Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose konzipiert, welches Lernenden ein Erleben aktueller Forschung sowie deren Charakteristika und Prozesse ermöglicht (Schwerpunkt *Entwicklung*). Dieses wurde anschließend, anknüpfend an die geringe Anzahl an empirischen Studien zur Effektivität von Wissenschaftskommunikationsformaten, in einer Interventionsstudie untersucht und evaluiert (Schwerpunkt *Forschung*). Mit Blick auf diese zwei Schwerpunkte werden nach einer allgemeinen Einleitung (Kapitel I) zunächst der theoretische Rahmen und der Stand der Forschung beschrieben (Kapitel II). Dafür wird zuerst der Forschungsstand im Bereich der Wissenschaftskommunikation und des Science Outreach erörtert (Kapitel 1). Nach einer Einleitung in das Forschungsfeld (Abschnitt 1.1) werden Perspektiven, Zielsetzungen und Ergebnisse bisheriger empirischer Arbeiten im Forschungsfeld erläutert (Abschnitt 1.2). Anschließend werden in Abschnitt 1.3 das Wissenschaftskommunikationsformat Schülerlabor analysiert und bisherige Arbeiten im Bereich der Schülerlaborforschung vorgestellt.

Im folgenden Kapitel 2 wird auf den theoretischen Hintergrund epistemischer Überzeugungen eingegangen. Dafür werden nach einer Einleitung in das Forschungsfeld epistemischer Überzeugungen (Abschnitt 2.1) zunächst das Konstrukt selbst sowie

bisherige Forschungstraditionen näher erörtert (Abschnitt 2.2 und insbesondere 2.2.1). Anschließend werden Zusammenhänge zwischen epistemischen Überzeugungen und anderen lernprozessrelevanten Konstrukten herausgearbeitet, um damit ihre Relevanz im Kontext schulischer und außerschulischer Lernprozesse zu erklären (Abschnitt 2.2.2). Besonderer Fokus kommt dabei im darauffolgenden Abschnitt den Konstrukten des individuellen Interesses und des Vertrauens zugute, welche in der vorliegenden Studie im Zusammenhang mit epistemischen Überzeugungen untersucht werden (Abschnitt 2.2.3). Da in dieser Arbeit eine Interventionsstudie zu epistemischen Überzeugungen im Schülerlabor konzipiert wurde, werden daran anknüpfend in den Abschnitten 2.3.1 und 2.3.2 die theoretischen Rahmungen und in Abschnitt 2.3.3 bisherige empirische Arbeiten hinsichtlich der Entwicklung und Veränderung epistemischer Überzeugungen vorgestellt. In Abschnitt 2.3.1 wird zunächst das *TIDE-Modell (Theory of Integrated Domains in Epistemology)* analysiert. Dieses beschreibt die Entwicklung epistemischer Überzeugungen und zeigt auf, dass Erfahrungen oder Lerngelegenheiten, beispielsweise die hier konzipierte außerschulische Einheit, zu dieser Entwicklung beitragen können. Der konkrete Veränderungsprozess epistemischer Überzeugungen, welcher durch Lerngelegenheiten - etwa eine Interventionsstudie - induziert werden kann, wird auf theoretischer Ebene durch das Modell des epistemischen Wandels beschrieben (Abschnitt 2.3.2). Im darauffolgenden Abschnitt 2.3.3 werden bisherige empirische Interventionsstudien vorgestellt. Dabei wird verdeutlicht, dass es bislang nur wenige Interventionsstudien zu naturwissenschaftsbezogenen epistemischen Überzeugungen bei Lernenden der Sekundarstufe I und II gibt, welche ein (quasi-) experimentelles Design mit Kontrollgruppe aufweisen (Abschnitt 2.3.3). Daran anknüpfend werden in Abschnitt 2.3.4 *Concept Cartoons* vorgestellt, welche in dieser Arbeit einerseits als Instruktionsmethode für ein Explizieren epistemischer Überzeugungen und andererseits als Erhebungsmethode dienen. In 2.4 wird auf Messproblematiken bei der Erfassung epistemischer Überzeugungen aufgrund der Komplexität des Konstruktes eingegangen, wobei unter anderem die Kombination quantitativer und qualitativer Methoden als gewinnbringende Alternative herausgearbeitet wird. Auch können personenzentrierte Ansätze zur Adressierung solcher Messproblematiken herangezogen werden (Abschnitt 2.5). Diese werden insbesondere für die Betrachtung von Veränderungsprozessen empfohlen. Beide Ansätze werden in dieser Arbeit eingesetzt.

Auf dieser Basis wird in Kapitel III die Zielsetzung der Arbeit abgeleitet (Abschnitt 3) und die Forschungsfragen sowie Hypothesen zu den drei Forschungsschwerpunkten der Wirksamkeit der Intervention (*Forschungsschwerpunkt 1*), der Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln (*Forschungsschwerpunkt 2*) und der epistemischen Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess (*Forschungsschwerpunkte 3*) formuliert (Abschnitt 4). Anschließend wird in Kapitel IV auf den Schwerpunkt Entwicklung eingegangen. Zunächst wird dazu der fachliche Hintergrund zum Thema der Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose erörtert (Abschnitt 6) und nachfolgend eine Übersicht des konzipierten außerschulischen Lernangebots sowie dessen didaktische Strukturierung vorgestellt (Abschnitt 7). Dieses beruht auf dem zuvor geschilderten Modell des epistemischen Wandels.

In Kapitel V werden das Design und die Methodik im Rahmen der Interventionsstudie erläutert. Dabei werden zunächst die Stichprobe und der Ablauf des Erhebungsverfahrens beschrieben (Abschnitt 8.1). Anschließend wird auf die Kombination quantitativer und qualitativer Methoden näher eingegangen (Abschnitt 8.2). Nachfolgend werden die hier verwendeten quantitativen und qualitativen Erhebungs- und Analysemethoden ausgeführt (Abschnitt 8.3 sowie 9.1 und 9.2). Nach der Betrachtung der Voranalysen zu den quantitativen Skalen (Abschnitt 9.3) werden in Kapitel VI die quantitativen und qualitativen Ergebnisse zu den drei Forschungsschwerpunkten vorgestellt. Daran anknüpfend folgt in Kapitel VII eine Diskussion und Interpretation der Ergebnisse zu den drei Forschungsschwerpunkten, auf deren Basis abschließend ein Fazit formuliert sowie Implikationen auf theoretischer, methodischer und praktischer Ebene abgeleitet werden (Kapitel 12 und 13).

II THEORETISCHER HINTERGRUND

1 Wissenschaftskommunikation und Science Outreach

1.1 Einleitung

Die Wichtigkeit von Wissenschaftskommunikation ist spätestens seit dem PUSH-Memorandum, basierend auf dem gemeinsamen Symposium *Public Understanding of the Sciences and Humanities (PUSH) - International and German Perspectives* vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und wichtigen großen wissenschaftlichen Institutionen und Gemeinschaften auch in Deutschland in die Diskussion eingebracht (Dernbach et al., 2012). So heißt es dort: „*[Die Wissenschaften] verkörpern einerseits den Fortschritt, andererseits werden sie jedoch auch als eine Bedrohung der menschlichen Sicherheit empfunden. Je mehr die Wissenschaften individuell spürbar die Bedingungen des Lebens verändern, umso mehr sind auch sie aufgefordert, solche Veränderungen öffentlich zu rechtfertigen, ja sogar vorausschauend öffentlich zu diskutieren. Um den Bürger in die Lage zu versetzen, an dieser Diskussion aktiv teilzunehmen, bedarf es ebenfalls der Vermittlung mindestens allgemeiner Kenntnisse der wissenschaftlichen Entwicklung*“ (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, 1999, S. 1). Mit der Unterzeichnung des Memorandums haben sich die Vertreterinnen und Vertreter wissenschaftlicher Institutionen und Gemeinschaften verpflichtet, den Dialog zwischen der Wissenschaft und der Gesellschaft zu fördern und zu stärken. Dabei ist u. a. vorgesehen, Wissenschaftskommunikation auch bei der Bereitstellung zukünftiger Forschungsmittel oder der Begutachtung wissenschaftlicher Institutionen einen hohen Stellenwert einzuräumen, Initiativen und Projekte zu fördern sowie Kommunikationstrainingsprogramme für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bereitzustellen (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, 1999). Ausgehend von diesen Forderungen wurde beispielsweise im Jahre 2000 in Deutschland die Organisation *Wissenschaft im Dialog* gegründet, die diese Ansprüche umzusetzen sucht.

Die wachsende Bedeutung von Wissenschaftskommunikation zeigt sich auch anhand der Diskussion über Kernaufgaben von Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen. So wird neben den klassischen Missionen *Lehre* und *Forschung* für die Hinzunahme des *Transfers* als dritten Auftrag plädiert. Unter dem Begriff *Third Mission*

werden dabei alle gesellschaftsbezogenen Aktivitäten der Universität gebündelt bezeichnet. Sie umfasst damit die Öffnung der Wissenschaft für die Gesellschaft und verfolgt den Anspruch nach einem stärkeren Hineinwirken der Universitäten und wissenschaftlichen Einrichtungen in die Gesellschaft (Roessler et al., 2015; Wissenschaftsrat, 2016; Zomer & Benneworth, 2011)¹.

Da die Wissenschaftskommunikation den Kontext bildet, in dem diese Arbeit eingebettet ist, wird im Folgenden zunächst auf bisherige Forschungsströmungen innerhalb dieses Bereiches eingegangen (Kapitel 1.2). Anschließend wird das Schülerlabor als Format der Wissenschaftskommunikation, welches traditionell im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik bereits vielfach untersucht wurde und in dieser Arbeit ebenfalls aus Perspektive der Wissenschaftskommunikation in den Blick genommen wird, in Kapitel 1.3 näher betrachtet. Darüber hinaus werden bisherige empirische Arbeiten aus der Schülerlaborforschung vorgestellt.

1.2 Das Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation

Im Bereich der Wissenschaftskommunikation sind mittlerweile zahlreiche Initiativen und Angebote zur Förderung eines Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft entstanden. Gleichzeitig wurden Forderungen laut, die verschiedenen Formate der Wissenschaftskommunikation empirisch in Hinsicht auf ihre Effektivität zu untersuchen (Dernbach et al., 2012; Kappel & Holmen, 2019). Bislang gibt es nur wenige empirische Studien, welche die zahlreichen Kommunikationsformate im Bereich der Wissenschaftskommunikation evaluiert und untersucht haben (Dernbach et al., 2012; Kappel & Holmen, 2019). Es gilt zu prüfen, was die einzelnen Formate leisten können, sowie Wirkungsfaktoren der einzelnen Angebote zu identifizieren (Bauer et al., 2007; Bromme, 2016; Dernbach et al., 2012; Fischhoff & Scheufele, 2013; Varner, 2014). Gleichzeitig wird dafür plädiert, ein tiefergehendes Verständnis für die Zielgruppe bzw. die Bevölkerung im Allgemeinen zu erlangen (Fischhoff & Scheufele, 2013; Nisbet & Scheufele, 2009; Varner, 2014). Darauf aufbauend könnten dann gezielt

¹ Siehe dafür auch die Empfehlungen für eine wirksame Wissenschaftskommunikation (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften et al., 2014).

Kommunikationsformate geschaffen werden, welche sich auf ein für die Gesellschaft relevantes Thema konzentrieren (Fischhoff & Scheufele, 2013).

Insgesamt handelt es sich bei dem Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation um einen Bereich an der Schnittstelle verschiedener Disziplinen (z. B. Soziologie, Psychologie oder Kommunikationswissenschaften), sodass sich auch die empirischen Arbeiten (z.B. im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Wissenschaft und Öffentlichkeit“) auf unterschiedliche Forschungsfelder verteilen (Burns et al., 2003; Fischhoff & Scheufele, 2013; Varner, 2014). Dies erschwert auch das Formulieren von Definitionen oder das Konzipieren von einheitlichen Modellen für das Feld der Wissenschaftskommunikation (Bucchi & Trench, 2014; Burns et al., 2003). Erst kürzlich arbeiteten Kappel und Holmen (2019) in einem Review basierend auf bisheriger Literatur acht Ziele von Wissenschaftskommunikation heraus (S. 3-6):

1. *Improving the population's beliefs about science.*
2. *Generating social acceptance.*
3. *Generating public epistemic and moral trust.*
4. *Collect citizens' input about acceptable/ worthwhile research aims and applications of science.*
5. *Generating political support for science.*
6. *Collect and make use of local knowledge.*
7. *Make use of distributed knowledge or cognitive resources to be found in the citizenry.*
8. *Enhance the democratic legitimacy of funding, governance and application of science or specific segments of science.*

Die vorliegende Arbeit fokussiert dabei das erste Ziel, d.h. die Adressierung der Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern, als Teil der Gesellschaft, zur Natur des Wissens und des Erkenntnisgewinnungsprozesses im Forschungsbereich der Biomedizin (sogenannte *epistemische Überzeugungen*, siehe Kapitel 2).

Charakteristisch für Forschungsansätze und Maßnahmen im Feld der Wissenschaftskommunikation ist die Annahme eines Defizits in der Bevölkerung in Bezug auf Wissen, Einstellungen oder Vertrauen (Bauer et al., 2007; Bauer & Falade, 2014). So wurde zunächst vermutet, dass eine Vermittlung von Wissen negative

Einstellungen zur Wissenschaft vorbeugen kann. Empirische Studien konzentrierten sich deshalb zunächst auf die Erfassung von naturwissenschaftlichem Faktenwissen mit kurzen, prägnanten Items sowie den damit einhergehenden Schwierigkeiten hinsichtlich der Psychometrie dieser Items (Bauer et al., 2007; Bauer & Falade, 2014). Dementsprechend zielten erste Maßnahmen vorrangig auf die Bildung der Bevölkerung aller Altersstufen sowie insbesondere auf die Überarbeitung von Schulcurricula ab (Bauer et al., 2007; Bauer & Falade, 2014). Anschließend verschob sich der Forschungsfokus auf die Einstellungen der Bevölkerung gegenüber Wissenschaft sowie auf die Untersuchung des Zusammenhangs von Einstellungen und Wissen zusammen mit Interventionen für eine Image-Verbesserung der Naturwissenschaften (siehe u.a. Allum et al., 2008). Es zeigte sich, dass zwischen Wissen und Einstellungen der Bevölkerung im naturwissenschaftlichen Themenfeld nicht zwingend ein positiver Zusammenhang besteht und dieser umso geringer wird, je kontroverser das Thema ist (Bauer et al., 2007; Bauer & Falade, 2014; Bodmer, 2011). Es wird angenommen, dass insbesondere bei kontroversen Themen Überzeugungen, Vertrauen, Emotionen, Ideologien oder Wertvorstellungen eine zentrale Rolle für die Einstellungen spielen (Baram-Tsabari & Osborne, 2015). Der Forschungsfokus verlagerte sich daraufhin auf das Vertrauen der Bevölkerung in die Wissenschaft. Dabei werden nun außerdem neben der Öffentlichkeit selbst auch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bzw. Kommunikatorinnen und Kommunikatoren und ihre Kommunikationsfähigkeiten und Einstellungen bezüglich der Bevölkerung konkret in den Blick genommen (Bauer et al., 2007). Die Interventionen zielen nun zum einen auf das Training der Forschenden für eine effektive Kommunikation ab. Zum anderen wird eine Teilhabe der Bevölkerung am naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess direkt ab Beginn neuer technischer oder naturwissenschaftlicher Entdeckungen angestrebt (Stichworte in diesem Zusammenhang: *participation, up-stream public engagement*) (Bauer et al., 2007; Nisbet & Scheufele, 2009; Varner, 2014). Die Schwierigkeit liegt hierbei darin, über ein Thema von hoher Komplexität zu kommunizieren, bei dem selbst unter Expertinnen und Experten Uneinigkeiten bestehen (Bodmer, 2011).

In diesem Kontext ist auch eine Veränderung in Bezug auf die Kommunikationskultur zu verzeichnen (Bucchi & Trench, 2014). Es wurde argumentiert, dass statt der Fokussierung von vorhandenen Defiziten in der Bevölkerung zunächst

untersucht werden sollte, über welches Wissen, welche Fragen oder welche Einstellungen die jeweilige Zielgruppe verfügt (Bucchi & Trench, 2014; Fischhoff, 2013; Fischhoff & Scheufele, 2013; Varner, 2014). In diesem Zusammenhang bewegt sich die Kommunikationsform zunehmend von der *one-way*- und *top-down*-Kommunikation hin zu dialogischen (*two-way*) und partizipativen Formaten (*three-way-communication*) (Bucchi & Trench, 2014). Partizipation stellt dabei eine stärkere Form von Engagement dar und sieht eine noch intensivere Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern vor (z.B. bei *Citizen Science*) (Bodmer, 2011; Bucchi & Trench, 2014). Gleichzeitig bedeutet dies nicht, dass informative Formate, welche die Bevölkerung über aktuelle wissenschaftliche Themen und Erkenntnisse informieren, an Bedeutung verlieren (Suldovsky, 2016). Stattdessen sollte, basierend auf den jeweiligen Kommunikationszielen, das passende Format sowie die adäquate Kommunikationsform gewählt werden (Suldovsky, 2016; Varner, 2014).

Für das Erfüllen derartig komplexer Kommunikationsziele ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der jeweiligen Fachwissenschaft sowie aus der (Wissenschafts-)Kommunikations- und der Lehr-Lern-Forschung essentiell (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; Bromme, 2016; Fischhoff, 2013; McKinnon & Vos, 2015; Varner, 2014). Hier können zwei Forschungsfelder unterschieden werden, welche sich zwar getrennt voneinander als eigenständige Felder entwickelt haben, aber dennoch gemeinsame Ziele verfolgen. Dies sind zum einen die *lernorientierten Forschungsfelder* auf der einen Seite (z.B. die Naturwissenschaftsdidaktiken oder die pädagogische Psychologie) und die *kommunikationsorientierten Forschungsansätze* auf der anderen Seite (z.B. *Public Understanding of Science (PUS)*, *Public Engagement of Science (PES)*) (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; Bromme & Goldman, 2014). Während bei ersteren der Hauptfokus auf einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) und der Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs liegt, konzentrieren sich letztere hauptsächlich auf Einstellungen und Vertrauen der Bevölkerung gegenüber der Wissenschaft sowie der Förderung einer engagierten Auseinandersetzung mit derselben (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; Bromme & Goldman, 2014). Gleichzeitig vereinen beide Disziplinen gemeinsame Ziele: das Schaffen einer Bildungs- und Kommunikationskultur mit und über Naturwissenschaft, die gemeinsame Anerkennung der Bedeutung von

Wissenschaft in der heutigen Gesellschaft sowie die Förderung einer kritischen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; McKinnon & Vos, 2015). Baram-Tsabari und Osborne (2015) weisen darauf hin, dass es zunächst essentiell sei, vorhandene Vorbehalte gegenüber der jeweils anderen Disziplin zu überwinden. Während die lernorientierten Ansätze (u.a. die Naturwissenschaftsdidaktiken) die Wissenschaftskommunikation meist nur als Teilbereich der eigenen Disziplin verstehen, reduzieren die kommunikationsorientierten Ansätze (u.a. die Wissenschaftskommunikation) das Feld der Naturwissenschaftsdidaktiken häufig auf eine ausschließliche Fokussierung der Wissensvermittlung (Baram-Tsabari & Osborne, 2015). Dabei haben sich in dem noch relativ jungen Forschungsfeld der Wissenschaftskommunikation eigene Forschungsströmungen und -ansätze entwickelt (siehe Ausführungen oben). In den Naturwissenschaftsdidaktiken hingegen liegt der Fokus längst nicht mehr nur auf der Vermittlung von Fachwissen. Aufgrund der Zunahme von Wissen sowie der gleichzeitigen Spezialisierung der Wissenschaft wird auch im Feld der Bildungsforschung zunehmend diskutiert, welche Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für eine Vorbereitung der Lernenden in der Wissensgesellschaft des 21. Jahrhunderts essentiell sind. Hierbei geht es über die Vermittlung von Grundlagenwissen hinaus auch um das Aufzeigen eines ganzheitlichen Bildes der Naturwissenschaften, dem Erkenntnisgewinnungsprozess und den dazugehörigen Methoden (Allchin, 2011; Bromme & Goldman, 2014). Sind bisherige Missverständnisse überwunden, so können beide Bereiche im Rahmen einer inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit voneinander profitieren und die jeweiligen bereits erlangten Erkenntnisse gewinnbringend für die empirische Untersuchung der einzelnen Kommunikationsformate einbringen (Baram-Tsabari & Osborne, 2015).

1.3 Das Schülerlabor im Kontext von Wissenschaftskommunikation und Science Outreach

Schülerlabore² als Format der Wissenschaftskommunikation sollen Schülerinnen und Schülern einen authentischen Einblick in die moderne Wissenschaft und die damit

² Die Schülerlabore bilden eine Teilmenge der außerschulischen Lernorte. Charakteristikum eines Schülerlabors stellt dabei die Möglichkeit zum eigenständigen Experimentieren dar (Haupt et al., 2013).

einhergehenden Berufsfelder gewähren sowie einen direkten Kontakt mit echten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglichen (Engeln, 2004; Euler, 2005; Glowinski, 2007). Als Reaktion auf die Ergebnisse der internationalen Bildungsstudien TIMSS und PISA im Jahr 2000 setzte aufgrund der Sorge um den naturwissenschaftlichen bzw. technischen Nachwuchs sowie das sinkende Interesse der Jugend an naturwissenschaftlichen Fächern eine Gründungswelle an Initiativen im außerschulischen Lernen ein (Engeln, 2004; Euler, 2005; Glowinski, 2007; Haupt & Hempelmann, 2015). Vorgesehen ist dabei neben dem eigenständigen Experimentieren auch das selbstständige Erarbeiten von klassischen und authentischen Problemen sowie von Fragestellungen des jeweiligen Fachbereichs (Engeln, 2004; Euler, 2005; Haupt & Hempelmann, 2015). Diese Initiativen leisten damit auch einen Beitrag zur allgemeinen naturwissenschaftlichen Grundbildung. Sie bilden außerdem gemeinsam mit der Schule die Grundlage für weitere darauf aufbauende Initiativen zur Stärkung des im Rahmen der *PUSH*-Bewegung (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, 1999) geforderten Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (Engeln, 2004; Glowinski, 2007).

Bis heute wurden ca. 400 Schülerlabore unterschiedlicher Fachrichtungen in Deutschland etabliert (LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., 2019)³. Sie befinden sich überwiegend an Universitäten, Forschungseinrichtungen oder Industrieunternehmen (Haupt et al., 2013). Neben den oben bereits beschriebenen Primärzielen auf der Ebene der Lernenden lassen sich weitere Sekundärziele auf der Ebene der Lehrkräfte, auf fachdidaktischer Forschungsebene sowie der Ebene von Institutionen identifizieren (Scharfenberg & Bogner, 2015). Haupt und Hempelmann (2015) sowie Haupt et al. (2013) schlagen vor, die verschiedenen Schülerlabore anhand ihrer Sekundärziele bestimmten Kategorien zuzuordnen und so die Heterogenität im Feld zu reduzieren. Dazu gehören nach Haupt et al. (2013) bzw. Haupt und Hempelmann (2015) folgende Kategorien:

³ Eine chronologische Auflistung weiterer Literatur zu Schülerlaboren findet sich unter <https://www.lernortlabor.de/ueber-schuelerlabore/literatur>.

- (1) *Klassische Schülerlabore* (Breitenförderung, z.T. mit Fortbildungsangeboten für Lehrkräfte),
- (2) *Schülerforschungszentren* (Individualangebote für besonders interessierte Jugendliche),
- (3) *Lehr-Lern-Labore* (Ähnlich zu (1), zusätzliche Einbindung von (Lehramts-) Studierenden für die Betreuung),
- (4) *Schülerlabore zur Wissenschaftskommunikation* (ähnlich zu (1), geringerer Lehrplanbezug und didaktische Reduzierung),
- (5) *Schülerlabore mit Bezug zu Unternehmertum* (Fokus auf unternehmerische und betriebswissenschaftliche Aspekte) sowie
- (6) *Schülerlabore mit Berufsorientierung* (gehen über Nachwuchsförderung hinaus; zeigen mit Partnern aus der Industrie und Unternehmen Berufsfelder auf).

Es handelt sich bei der Schülerlaborforschung, insbesondere aufgrund der Komplexität der Evaluierungsstudien, um ein heterogenes Forschungsfeld (Schmidt et al., 2011). Bisherige Studien zeigen auf, dass die Besuche im Schülerlabor sowohl von den befragten Lernenden als auch von den Lehrkräften positiv angenommen werden (Engeln, 2004; Euler, 2005; Glowinski, 2007; Tsybulsky, 2019). Scharfenberg (2005) wies darauf hin, dass dafür nicht allein der neuartige Lernort verantwortlich ist, sondern insbesondere die Kombination mit der Möglichkeit zum Experimentieren. Des Weiteren zeigt sich, dass Schülerlaborbesuche das aktuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler geschlechterunabhängig kurzfristig und zum Teil auch langfristig positiv beeinflussen können (u. a. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Glowinski & Bayrhuber, 2011; Guderian, 2007; Pawek, 2009). Bedeutende Faktoren sind dabei die wahrgenommene Authentizität, die Instruktionsqualität sowie die Verständlichkeit, wobei die letzten beiden Aspekte insbesondere für Lernende mit geringerem Sachinteresse relevant sind (Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Scharfenberg & Bogner, 2015). Zur Vermittlung von Authentizität aktueller Forschung setzten Stamer et al. (2019) ergänzend zum Laborprogramm Videovignetten mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in ihrem natürlichen Arbeitsumfeld ein (siehe auch Stamer et al., 2018). Auf diese Weise konnten sie eine Vielfalt an Teilbereichen naturwissenschaftlichen Arbeitens nach dem RIASEC+N-Modell (Wentorf et al., 2015) für die Lernenden aufzeigen und vorherige stereotypische Vorstellungen von Forschenden adressieren. Des Weiteren konnten für

das Fähigkeitsselbstkonzept in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen positive geschlechterunabhängige Effekte diagnostiziert werden (u.a. Brandt, 2005; Damerau, 2012; Pawek, 2009; Weißnigk, 2013). Positive Einflüsse auf das individuelle (Sach-) Interesse durch ein- oder mehrmalige Besuche konnten bisher nicht festgestellt werden (u.a. Guderian, 2007; Pawek, 2009). Darüber hinaus konnte aber ein positiver Einfluss auf das Wissenschaftsbild der Schülerinnen und Schüler aufgezeigt werden (Weißnigk, 2013). Dabei wurden insbesondere Mädchen angesprochen, sodass der Geschlechterunterschied in Physik verringert werden konnte. Außerdem konnten die Vorstellungen der Lernenden zur Natur der Naturwissenschaften, dem Erkenntnisgewinnungsprozess und den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern (*Nature of Science* (NOS), *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI), *Nature of involved Scientists* (NOST)) durch eine zusätzliche Integration einer explizit-reflexiven *Nature of Science*-Instruktion an den einzelnen Stationen im Schülerlaborprogramm erfolgreich gefördert werden (Tirre et al., 2018).

Hinsichtlich des Wissenserwerbs durch einen Schülerlaborbesuch sind die Ergebnisse bisheriger Studien uneinheitlich. So zeigen einige Studien einen kurz- und langfristigen Wissenserwerb durch den Besuch im Schülerlabor (Damerau, 2012; Langheinrich, 2015; Scharfenberg & Bogner, 2015). Außerdem konnten durch den Besuch eines Schülerlabors mit einem thematischen Schwerpunkt in den Lebenswissenschaften auch sechs bis zwölf Monate später noch positive Auswirkungen auf die Einstellungen und das Verständnis der Lernenden zum Einfluss des Verhalten auf die eigene Gesundheit, jetzt und in der Zukunft, sowie der Gesundheit der eigenen Kinder aufgezeigt werden (Grace et al., 2012; Woods-Townsend et al., 2018). Es finden sich aber auch Hinweise, dass der Wissenserwerb durch einen Besuch im Schülerlabor nur kurzfristig besser ist als durch konventionelle Lerngelegenheiten in der Schule (Scharfenberg, 2005; Scharfenberg & Bogner, 2015). Interessanterweise geht aus der Befragung von Lehrkräften und Schulleitungen von Schmidt et al. (2011) hervor, dass diese bei dem Besuch eines Schülerlabors weniger Wert auf einen tiefergehenden Wissenserwerb legen (auch wenn dies erhofft ist), da dies im Unterricht erfolgen könne und stattdessen dem Interessenzuwachs eine größere Bedeutung zuschreiben. Insgesamt verfügen Schülerlabore über das Potenzial, sowohl leistungsstarke

Schülerinnen und Schüler zu fördern als auch leistungsschwache oder verhaltensauffällige Lernende anzusprechen (Euler, 2005).

Da außerschulische Lernorte für Schülerinnen und Schüler neuartige Lernumgebungen verkörpern, kann ein Besuch mit einer kognitiven Überlastung einhergehen (siehe dafür auch Ausführungen zum *Novel Field- Trip Phenomenon* nach Falk et al. (1978)). Um dies zu vermeiden, schlagen die Autoren als Lösung eine schulische Vor- und Nachbereitung des Besuches am außerschulischen Lernort vor. Darauf aufbauend erweiterten Orion und Hofstein (1991) das *Novel Field- Trip Phenomenon* zum *Novelty-Space-Modell*⁴, welches neben der von Falk et al. (1978) vorgeschlagenen Vorbereitung auf geographische bzw. räumliche Faktoren auch eine Vorbereitung auf psychologische und kognitive Faktoren vorsieht (Guderian, 2007). So konnten Orion und Hofstein (1994) in einer ersten Studie zeigen, dass eine bessere Vorbereitung auf Besuche außerschulischer Lernorte auch mit besseren Lernleistungen einhergeht. Außerdem deuten bisherige Arbeiten darauf hin, dass eine schulische Vor- und Nachbereitung des Schülerlaborbesuches unter anderem den positiven Einfluss auf das aktuelle Interesse stabilisieren kann (Glowinski, 2007; Glowinski & Bayrhuber, 2011; Guderian, 2007). Die Ergebnisse von Guderian (2007) liefern erste Hinweise dafür, dass auch mehrmalige Besuche erst durch eine Einbettung des Besuchs in das Curriculum zu einer Stabilisierung des aktuellen Interesses führen. Glowinski (2007) konnte darüber hinaus aufzeigen, dass sich eine schulische Vorbereitung positiv auf das Kompetenzerleben sowie das Gefühl der sozialen Eingebundenheit beim Besuch des Schülerlabors auswirkt.

⁴ Für eine detaillierte Schilderung der Phänomene sei auf Guderian (2007) verwiesen.

2 Epistemische Überzeugungen

2.1 Einleitung

Moderne Informations- und Wissensgesellschaften fordern von ihren Mitgliedern, dass sie sich in der Fülle an verfügbaren Informationen zurechtfinden und dabei vielfältige Fähigkeiten im Umgang mit Informationen einsetzen können (u.a. Bewertung der Glaubwürdigkeit, Unterscheidung von Relevantem und Irrelevantem) (Bernholt et al., 2017; Bromme et al., 2015; Greene et al., 2016). In diesem Zusammenhang und insbesondere aus Perspektive der Wissenschaftskommunikation sind epistemische Überzeugungen essentiell, da sie als *intuitive Laien-Wissenschaftstheorien* (siehe Bromme & Kienhues, 2014, S. 68) in die Informationsverarbeitungsprozesse involviert sind und diese leiten (Bernholt et al., 2017; Bromme & Kienhues, 2014; Mayer & Rosman, 2016). So können beispielsweise Individuen, welche von der Existenz verschiedener Blickwinkel auf eine wissenschaftliche Fragestellung ausgehen und es sich gleichzeitig zutrauen, diesbezüglich eine eigene Position beziehen zu können, besser mit konkurrierenden wissenschaftlichen Aussagen umgehen, als Menschen, die an die Existenz lediglich einer richtigen Antwort auf wissenschaftliche Fragestellungen glauben (Bromme & Kienhues, 2014). Im Umgang mit wissenschaftlichen Informationen könne dabei laut Bromme und Kienhues (2014) auf zwei Strategien zurückgegriffen werden: auf die *Plausibilitäts-* oder die *Vertrauensstrategie*. Während das Individuum bei ersterer versucht zu erörtern, welche der vorliegenden Aussagen wahr ist, liegt bei letzterer der Fokus auf der Frage, welcher Expertin bzw. welchem Experten oder welcher Quelle am ehesten Glauben geschenkt werden kann (Bromme & Kienhues, 2014). Die Entscheidung, welche der beiden Strategien je nach Situation angewendet wird, bleibt dabei dem Individuum überlassen (Bromme & Kienhues, 2014).

Daraus folgt eine paradoxe Situation, in der Menschen einerseits ständig in Alltagssituationen Entscheidungen über wissenschaftliche Informationen treffen müssen. Andererseits ist es aber nicht möglich, in allen Bereichen über ausreichende Expertise zu verfügen, um Entscheidungen fundiert treffen zu können [siehe dafür auch die Diskussion zur *kognitiven Arbeitsteilung* (u.a. Bromme et al., 2016) bzw. zum *Public Bounded Understanding of Science* (Bromme & Goldman, 2014)] (Bromme & Kienhues, 2014; Mayer & Rosman, 2016). Folglich müssen Laien einschätzen können, ob erstere

Strategie überhaupt angewendet werden kann oder ob auf die Vertrauensstrategie zurückgegriffen werden muss. In diesem Spannungsfeld nehmen die epistemischen Überzeugungen des Individuums zu naturwissenschaftlichem Wissen bzw. naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozessen eine zentrale Rolle ein (Bromme & Kienhues, 2014; Mayer & Rosman, 2016).

Auch aus Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktik sind epistemische Überzeugungen relevant. So geht aus den vielfach in der Literatur genannten Zusammenhängen zwischen epistemischen Überzeugungen und der Verwendung adäquater Lernstrategien bzw. positiver Lernerfolge (Greene et al., 2018; Mason & Boscolo, 2004; Schommer, 1993) deren Bedeutung für Lernprozesse in formalen Bildungssettings hervor (Mayer & Rosman, 2016) (siehe dafür auch Abschnitt 2.2.2). Dadurch hat das (inter-)nationale Interesse an diesem Forschungsfeld zugenommen (Bernholt et al., 2017). Es wird dabei zum einen untersucht, welche Perspektiven verschiedene Zielgruppen auf die Charakteristika naturwissenschaftlichen Wissens sowie naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse haben, welche Rolle derartige Vorstellungen in Lernprozessen spielen und inwiefern diese dabei mit anderen kognitiven oder affektiven Komponenten zusammenhängen (Bernholt et al., 2017). Zum anderen wird die Entwicklung und Veränderung bzw. Veränderbarkeit solcher Vorstellungen in den Fokus gerückt (Bernholt et al., 2017).

Im Folgenden wird zunächst das Konstrukt epistemischer Überzeugungen sowie dessen Zusammenhänge mit anderen Konstrukten näher beschrieben (Kapitel 2.2). Anschließend wird der Fokus auf theoretische Grundlagen sowie bisherige Arbeiten zur Betrachtung von epistemischen Überzeugungen in Interventionsstudien gelegt (Kapitel 2.3). Dafür soll zunächst die theoretische Grundlage für den Entwicklungsprozess von epistemischen Überzeugungen im Verlaufe des Lebens innerhalb der verschiedenen Kontexte (u. a. soziokultureller, akademischer oder instruktionaler Kontext) nähere Betrachtung finden (TIDE-Modell, Kapitel 2.3.1). Werden die epistemischen Überzeugungen eines Individuums innerhalb eines derartigen instruktionalen Kontextes (z.B. einem Format der Wissenschaftskommunikation) angesprochen, so kann ein epistemischer Wandel dieser Vorstellungen induziert werden. Die theoretische Rahmung dieses Veränderungsprozesses epistemischer Überzeugungen, welche

außerdem die Grundlage für die didaktische Strukturierung der außerschulischen Lerneinheit bildet (siehe Abschnitt 7.2), wird in Kapitel 2.3.2 näher erläutert. Darüber hinaus werden bisherige Interventionsstudien zur Adressierung epistemischer Überzeugungen betrachtet (Kapitel 2.3.3) und die in der vorliegenden Studie genutzte Instruktionsmaßnahme, die *Concept Cartoons*, für ein Explizieren epistemischer Überzeugungen vorgestellt (Kapitel 2.3.4). Nach einer Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung epistemischer Überzeugungen (Kapitel 2.4) wird im darauffolgenden Abschnitt der in dieser Arbeit angewandte personenzentrierte Ansatz zu deren Erfassung erörtert (Kapitel 2.5).

2.2 Das Konstrukt epistemischer Überzeugungen

Epistemische Überzeugungen⁵ können als die Gesamtheit der individuellen, subjektiven Theorien einer Person über die Natur des Wissens und (den Prozess) des Wissenserwerbs verstanden werden (Hofer & Pintrich, 1997; Mason & Bromme, 2010). In Anlehnung an Anschütz (2012) lassen sich bisherige Forschungstraditionen drei verschiedenen Strömungen zuteilen: den Entwicklungsmodellen bzw. eindimensionalen Modellen, den alternativen und den mehrdimensionalen Modellen (Feucht & Bendixen, 2010; Greene et al., 2018; Neumann & Kremer, 2013). Die *Entwicklungsmodelle* basieren auf der Annahme einer chronologischen, stufenförmigen Entwicklung epistemischer Überzeugungen von einfacheren hin zu komplexeren Ansichten (Kienhues, 2016). Basierend auf den Arbeiten von Perry (1970) ist in den darauffolgenden Jahren eine Vielzahl weiterer Modelle entstanden, welche sich hinsichtlich der postulierten Anzahl an Entwicklungsstufen sowie deren inhaltlichen Charakteristika unterscheiden (u. a. Baxter Magolda, 1992; Belenky et al., 1986; King & Kitchener, 1994; Kuhn, 1991; Kuhn et al., 2000; Kuhn & Weinstock, 2002). Während *alternative Modelle* das Konstrukt u.a. als epistemische Ressourcen (Hammer & Elby, 2002), epistemische Theorien (Louca et al., 2004) oder epistemische sowie ontologische Sichtweisen fassen (Greene et al.,

⁵ In dieser Arbeit wird der Begriff der epistemischen Überzeugungen (engl. *epistemic beliefs*) verwendet, um den Unterschied zwischen den individuellen subjektiven Theorien über die Natur des Wissens und den Prozess des Wissenserwerbs und den epistemologischen Überzeugungen, den Vorstellungen über den philosophischen Teilbereich der Epistemologie, zu verdeutlichen (Hofer, 2004; Kitchener, 2002; Kammerer & Strømsø, 2016; Mason & Bromme, 2010).

2008), konzeptualisieren die *mehrdimensionalen Ansätze* epistemische Überzeugungen hingegen als ein Set von mehr oder weniger unabhängigen Dimensionen. Dies hat auch zur Folge, dass die Entwicklung in den verschiedenen Dimensionen unabhängig voneinander und unterschiedlich stark ablaufen kann (Kienhues, 2016). Basierend auf den Arbeiten von Schommer (u. a. Schommer, 1990; Schommer et al., 1992; Schommer-Aikins, 2004) wurde dieser Ansatz unter anderem von Hofer und Pintrich (1997) aufgegriffen und weiterentwickelt. Auch wenn weiterhin Uneinigkeiten hinsichtlich der Anzahl und konkreten Ausdifferenzierung einzelner Dimensionen bestehen, so herrscht zumeist Konsens auf theoretischer Ebene in Bezug auf eine multidimensionale Betrachtung epistemischer Überzeugungen (u.a. Anschütz, 2012; Bendixen & Rule, 2004; Mason et al., 2013; Mayer & Rosman, 2016). Auch die Ergebnisse bisheriger Studien stützen eine mehrdimensionale Betrachtung epistemischer Überzeugungen und zeigen, dass eine eindimensionale Konzeptualisierung und die damit einhergehende eher lineare Entwicklung epistemischer Überzeugungen nicht bestätigt werden kann (Anschütz, 2012).

An diesen Konsens und den damit am weitesten verbreiteten Ansatz anknüpfend wird auch in dieser Arbeit eine multidimensionale Betrachtung epistemischer Überzeugungen zu Grunde gelegt. Somit wird davon ausgegangen, dass sich das vorliegende Konstrukt über verschiedene Teilbereiche beschreiben lässt. Auf diese Weise können sowohl das Konstrukt selbst als auch damit einhergehende Beziehungen zu anderen Konstrukten detaillierter untersucht werden. Die hier zu Grunde liegende theoretische Rahmung epistemischer Überzeugungen wird im folgenden Abschnitt näher präzisiert.

2.2.1 Theoretische Rahmung epistemischer Überzeugungen

Epistemische Überzeugungen werden hier, um an bisherige Arbeiten in diesem Bereich anknüpfen zu können (Chen, 2012; Kampa et al., 2016; Urhahne & Hopf, 2004), in Anlehnung an Conley et al. (2004) im Bereich Naturwissenschaft als ein vierdimensionales Konstrukt betrachtet. Epistemische Überzeugungen untergliedern

sich damit klassisch in die Natur des Wissens (*Nature of Knowledge*) und in die Natur des Wissenserwerbs (*Nature of (the Process of) Knowing*) (Hofer & Pintrich, 1997). Diese teilen sich wiederum in

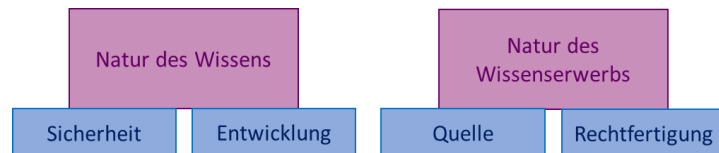


Abbildung 1: Struktur epistemischer Überzeugungen. Epistemische Überzeugungen weisen nach Conley et al. (2004) eine vierdimensionale Struktur auf: Sicherheit und Entwicklung des Wissens (Natur des Wissens) sowie Quelle und Rechtfertigung des Wissens (Natur des Wissenserwerbs).

die Dimensionen *Sicherheit des Wissens*, *Entwicklung des Wissens* bzw. *Quelle des Wissens* und *Rechtfertigung des Wissens* auf (siehe Abbildung 1). Der multidimensionale Ansatz impliziert, dass epistemische Überzeugungen in den unterschiedlichen Dimensionen verschiedene Ausprägungen vorweisen können, welche meist auf einem Kontinuum zwischen *naiven* und *sophistizierten* Vorstellungen erfasst werden (Kienhues, 2016)⁶. Im Folgenden werden die vier Dimensionen der betrachteten Modellierung epistemischer Überzeugungen näher erläutert.⁷

Die Dimension *Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens* thematisiert die Einschätzung, ob auf Fragen in den Naturwissenschaften eine korrekte und absolute Antwort zu finden ist (Chen, 2012; Conley et al., 2004; Urhahne & Hopf, 2004; Urhahne et al., 2008). Bei einer naiven Ansicht wird davon ausgegangen, dass sich zu jeder naturwissenschaftlichen Fragestellung genau eine (richtige) Antwort finden lässt. Bei einer sophistizierten Ansicht wird hingegen angenommen, dass es bei komplexen Problemen mehr als eine Antwort auf eine Frage geben kann (Conley et al., 2004). Es wird dabei zwar ein weitgehender Konsens an *relativ sicherem* Wissen akzeptiert (Kremer & Mayer, 2013), aber dennoch angenommen, dass stets eine Uneinigkeit bzw. Unsicherheit bestehen oder entstehen kann.

Die Dimension *Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens* bezieht sich auf die Betrachtung von naturwissenschaftlichem Wissen als statisch bzw. dynamisch und

⁶ In Anlehnung an Kienhues (2016) werden diese Begriffe für die folgenden Ausführungen weiter genutzt, wobei darauf hingewiesen sei, dass diese lediglich beschreibend und ohne eine möglicherweise damit assoziierte positive oder negative Bedeutung verwendet werden sollen, da die Normativität bezüglich der Ausprägungen kritisch diskutiert wird (siehe Kapitel 2.4).

⁷ Diese Dimensionsbeschreibungen entstammen einem unpublizierten Arbeitspapier, welches in Zusammenarbeit mit Frauke Voitle (Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), Kiel & Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN), Leibniz Universität Hannover) entstanden ist.

veränderbar. Bei einer naiven Ansicht wird naturwissenschaftliches Wissen als stabil, statisch und damit als überdauernd und unveränderlich angenommen. Eine sophistische Ansicht ist bestimmt durch die Einschätzung, dass neue Erkenntnisse und neue Technologien zu einer Veränderung des gegenwärtigen Wissensstands bzw. aktueller Theorien sowie der Entstehung neuen Wissens führen können (Conley et al., 2004; Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008; Urhahne & Hopf, 2004). Es wird somit anerkannt, dass die Naturwissenschaften eine sich wandelnde und mit einem stetigen Entwicklungs- und Veränderungsprozess verbundene Domäne sind (Chen, 2012; Conley et al., 2004; Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008).

Die Dimension *Quelle naturwissenschaftlichen Wissens* bezieht sich auf die Ansichten des Lernenden zur Rolle von Autoritäten sowie der damit einhergehenden Verortung von Wissen als external bzw. internal. Bei einer naiven Ansicht werden Autoritäten als Urheber des Wissens angesehen, welche dieses Wissen weitergeben und darüber hinaus auf ansonsten unzugängliches Wissen zugreifen können (Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008; Urhahne & Hopf, 2004). Das Wissen wird demnach external verortet (Chen, 2012; Conley et al., 2004). Bei einer sophistizierten Ansicht wird dem Lernenden eine aktive Rolle zugeschrieben, bei welcher dieser das Wissen eigenständig erarbeitet (Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008). Das Wissen wird hier somit als internal verortet. External konstruiertes Wissen wird dabei durchaus kritisch hinterfragt (Urhahne et al., 2008).

Bei der Dimension *Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens* liegt der Fokus auf der Frage, wie naturwissenschaftliches Wissen entsteht und wie es gerechtfertigt wird (Chen, 2012; Urhahne & Hopf, 2004). Dabei steht insbesondere die Rolle von Experimenten im Vordergrund (Chen, 2012; Conley et al., 2004; Urhahne & Hopf, 2004). Bei einer naiven Ansicht wird die Rolle von Experimenten für den Prozess der Erkenntnisgewinnung nicht erkannt. Theoretische sowie kreative Überlegungen und Neugier werden für naturwissenschaftliche Experimente als unwichtig eingeschätzt. Bei einer sophistizierten Ansicht wird das Experiment als geeigneter Weg empfunden, um neues Wissen zu generieren und zu rechtfertigen (Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008). Es wird erkannt, dass eine Wiederholung von Experimenten für eine Absicherung der Ergebnisse notwendig ist (Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al.,

2008). Theoretische und kreative Überlegungen sowie Neugier werden als wichtig für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess eingeschätzt.

2.2.2 Zusammenhang zwischen epistemischen Überzeugungen und anderen lernprozessrelevanten Konstrukten

Da bislang keine Modelle vorliegen, welche den Einfluss epistemischer Theorien für das außerschulische Lernen ausführen, soll hier das Modell von Hofer (2001) als Hilfsmittel herangezogen werden, welches beschreibt, wie epistemische Theorien das Lernen im Unterricht beeinflussen (siehe Abbildung 2). Dieses zeigt dabei zum einen die theoretische Annahme, dass die epistemischen Theorien der Lehrenden über ihr Agieren im Unterricht Einfluss auf die epistemischen Theorien der Schülerinnen und Schüler nehmen. Des Weiteren betrachtet es den Einfluss von den epistemischen Theorien der Lernenden auf ihre eigenen Lernergebnisse.

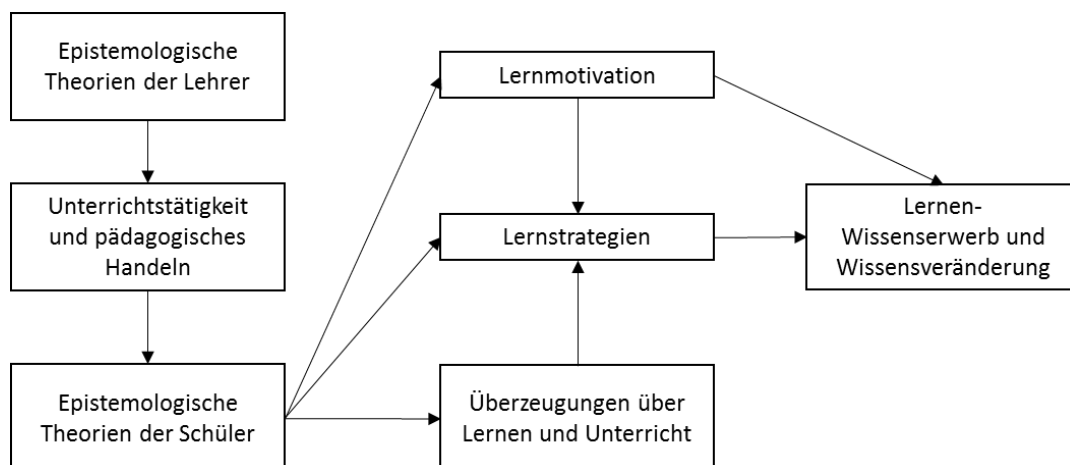


Abbildung 2: Modell über den Einfluss epistemischer Theorien auf das Lernen im Unterricht (Hofer, 2001; übersetzt nach Urhahne und Hopf (2004)). In dem Modell wird zum einen dargestellt, dass die epistemischen Theorien der Lehrkräfte über ihr Auftreten im Unterricht Einfluss auf die epistemischen Theorien der Schülerinnen und Schüler haben. Zum anderen wird aufgezeigt, dass sich die epistemischen Theorien der Schülerinnen und Schüler auf ihre Vorstellungen von Lernen und Unterricht, ihre Motivation sowie die Auswahl der Lernstrategien auswirken, was wiederum Einfluss auf ihre Lernergebnisse hat.

Es wird weiter angenommen, dass dieser Zusammenhang durch ihre Vorstellungen von Lernen und Unterricht, ihre Motivation und die Auswahl der Lernstrategien mediert wird. Im Folgenden werden exemplarisch Studien aufgezeigt, welche die Bedeutung

epistemischer Überzeugungen im Lernprozess und damit die theoretischen Annahmen von Hofer (2001) untersuchen.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die epistemischen Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler mit der Wahl der Lernstrategien (Mason & Boscolo, 2004; Schommer et al., 1992; Urhahne & Hopf, 2004), den Zielorientierungen (Bernholt & Moschner, 2017; Bråten & Strømsø, 2004; Mason et al., 2013), dem Selbstkonzept (u. a. Urhahne et al., 2008; Urhahne & Hopf, 2004), dem *conceptual change*-Prozess (Mason et al., 2008; für eine Übersicht siehe Murphy und Alexander (2016) und Qian und Alvermann (2000)), der Motivation im Allgemeinen (Buehl & Alexander, 2005) sowie der Lernleistung insgesamt (u. a. Cano, 2005; Greene et al., 2018; Mason et al., 2013; Mason & Boscolo, 2004; Schommer, 1993; Stathopoulou & Vosniadou, 2007; Trautwein & Lüdtke, 2007) zusammenhängen. Auch hängen epistemische Überzeugungen mit dem Alter (u. a. Schommer, 1993; Urhahne et al., 2008), den Noten (u. a. Chen, 2012; Urhahne et al., 2008) sowie dem sozioökonomischen Status (u. a. Conley et al., 2004) zusammen. Darüber hinaus gibt es Hinweise auf Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen mit Argumentations- (u. a. Mason & Scirica, 2006) und Problemlösefähigkeiten (u. a. Schraw et al., 1995) sowie moralischer Urteilskraft (u. a. Bendixen et al., 1998).

Des Weiteren zeigt sich ein Zusammenhang epistemischer Überzeugungen mit der Informationssuche und -verarbeitung im Internet (Bromme et al., 2008; Kammerer & Strømsø, 2016; Kienhues et al., 2011; Mason et al., 2011; Mason et al., 2010). Außerdem hängen epistemische Überzeugungen mit der Fähigkeit zusammen, aus mehreren Texten zum gleichen Thema die Informationen zusammenzubringen (im Englischen: *multiple text comprehension*; Bråten et al., 2008; Strømsø et al., 2011). Weiter konnten Retzbach et al. (2011) zeigen, dass höhere epistemische Überzeugungen auch mit einer positiveren Einstellung gegenüber neu aufkommender Technologie einhergehen. Außerdem konnte bereits in einigen Studien aufgezeigt werden, dass die epistemischen Überzeugungen der Lehrkraft (u. a. durch die Wahl der Unterrichtsmethode bzw. des Unterrichtsmaterials) die epistemischen Theorien der Schülerinnen und Schüler beeinflussen (Muis & Foy, 2010). Da im Rahmen dieser Arbeit der Fokus auf dem individuellen Interesse an aktueller Forschung und dem Vertrauen in

die Wissenschaft(ler/innen) liegt, wird auf diese beiden Konstrukte im folgenden Abschnitt detaillierter eingegangen.

2.2.3 Zusammenhang epistemischer Überzeugungen mit individuellem Interesse und Vertrauen

Aufgrund der bedeutenden Rolle der Forschungsfokusse *Interesse* im Bereich der Schülerlabore aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive (siehe Abschnitt 1.3) sowie *Vertrauen* im Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation (siehe Abschnitt 1.2) wird in dieser Arbeit der Zusammenhang epistemischer Überzeugungen mit diesen beiden Konstrukten näher untersucht. Daher wird im Folgenden zunächst ein kurzer Einblick in die jeweiligen Forschungsfelder der beiden Konstrukte gegeben und anschließend auf bisherige Arbeiten eingegangen, welche diese Zusammenhänge bereits untersucht haben.

Das Interesse⁸ kann nach der Person-Gegenstands-Theorie von Krapp (2002a, 2002b) als eine Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand (z.B. Umwelt, Wissens- oder Erfahrungsbereich) verstanden werden. Dabei kann nach Krapp (1992) zwischen dem *situationalen* und dem *individuellen Interesse* unterschieden werden. Ersteres kann dabei im Zusammenhang mit einer konkreten Situation entstehen (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Das wiederholte Auftreten eines derartigen Zustandes kann schließlich zu einem permanenten individuellen Interesse führen (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Nach Krapp (2002a) kann das Interesse anhand von drei Komponenten beschrieben werden: die kognitive, emotionale und wertbezogene. So kann die Beschäftigung mit dem Inhalt zu dem Bedürfnis führen, das eigene Wissen bzw. die eigenen Fähigkeiten zu erweitern und zu verbessern (*kognitive Komponente*). Außerdem kann es mit positiven Gefühlen einhergehen (*emotionale Komponente*) und als persönlich bedeutsam bewertet werden (*wertbezogene Komponente*). Im Bereich der Naturwissenschaften schlagen Krapp und Prenzel (2011) außerdem eine Unterscheidung von *Fach-* und *Sachinteresse* vor, wobei ersteres auf das Interesse an einem konkreten Schulfach und letzteres auf das Interesse an einem bestimmten Thema

⁸ Für vertiefte Literatur sei an dieser Stelle auf Blankenburg und Scheersoi (2018) verwiesen.

oder Kontext bezogen ist (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Darüber hinaus erweitern Upmeyer zu Belzen und Vogt (2001) die Interessentheorie durch die Konzepte *Indifferenz* und *Nichtinteresse*. Während ersteres eine neutrale Haltung ist und auf einer bisher fehlenden Auseinandersetzung mit dem Inhalt beruht, haben sich bei letzterem durch eine bereits stattgefundenen Auseinandersetzung mit dem Gegenstand entweder *Desinteresse* oder *Abneigung* entwickelt. Desinteresse meint dabei eine eher gleichgültige Haltung, während Abneigung mit negativen Gefühlen gegenüber dem Gegenstand konnotiert ist (Blankenburg & Scheersoi, 2018; Upmeyer zu Belzen & Vogt, 2001). Für die Ausbildung eines langfristigen Interesses sind sowohl bewusste-kognitive Prozesse wie auch das emotionale Erleben in Bezug auf den Gegenstand von Bedeutung (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Letzteres bezieht sich dabei auf die drei Grundbedürfnisse aus der *Selbstbestimmungstheorie* nach Deci und Ryan (1993, 2002), welche jeder Mensch zu erfüllen sucht: das Erleben von *Kompetenz*, von *Autonomie* und *sozialer Eingebundenheit*. Dies meint das Gefühl, Anforderungen entsprechen zu können (Kompetenzerleben), eigenständig handeln und entscheiden zu können (Autonomieerleben) sowie sich einer Gruppe zugehörig zu fühlen (soziale Eingebundenheit) (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Mitchell (1993) beschreibt die Interessensentwicklung in drei Stufen. Dies beginnt mit dem Wecken eines ersten Interesses (*catch*-Komponente, z.B. durch Gruppenarbeit, Denkspiele), welches durch anhaltende Anreize stabilisiert werden kann (*hold*-Komponente, z.B. durch aktive Beteiligung der Lernenden, Hervorheben der Bedeutung der Lerninhalte). Wurde dies erreicht, ist nach und nach die Ausbildung eines individuellen Interesses möglich. Damit geht einher, dass die Person sich auch freiwillig mit dem Inhalt beschäftigt und es auch dann beibehält, wenn dies mit Aufwand oder Herausforderungen verbunden ist (Blankenburg und Scheersoi (2018); siehe für die Interessensentwicklung auch das deskriptive Modell von Hidi und Renninger (2006)). Insgesamt zeigen Studien, dass das Interesse für den Lernerfolg (Bybee & McCrae, 2011), eine verbesserte Aufmerksamkeit (Ainley et al., 2002) und akademischen Leistungen von großer Bedeutung ist (Köller et al., 2000). Für die empirischen Studien zum Interesse im Schülerlabor siehe Abschnitt 1.3 sowie die Arbeiten von u.a. Engeln (2004), Glowinski (2007), Guderian (2007) und Pawek (2009).

Die bedeutsame Rolle von *Vertrauen* für den Umgang eines Individuums mit wissenschaftlichen Informationen ergibt sich aus der bereits in der Einleitung geschilderten paradoxen Situation (Abschnitt 2.1), in der Menschen täglich auf wissenschaftliches Wissen angewiesen sind, welches ihre eigene Expertise aber übersteigt (Bromme & Kienhues, 2014; Hendriks et al., 2015b, 2016). Größere Umfragestudien zeigen dabei, dass die Bevölkerung im Allgemeinen der Wissenschaft positiv gegenübersteht und ihr sowie auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern generell Vertrauen entgegen bringt, sich dies aber je nach Bezugsthema stark unterscheiden kann und insgesamt geringer ausfällt, als wenn nach der Wissenschaft im Allgemeinen gefragt wird (Hendriks et al., 2016). Hendriks et al. (2016) weisen an dieser Stelle aber darauf hin, dass dies nicht mit blindem Vertrauen zu verwechseln sei. Dies zeigt sich an den teilweise kritischen Antworten der Befragten hinsichtlich ihres Vertrauens in von Privatfirmen finanzierte Forschung. So gaben beispielsweise bei der aktuellen Wissenschaftsbarometer-Umfrage (2019) 46 Prozent der Befragten an, der Wissenschaft und Forschung voll und ganz (9 Prozent) oder eher (37 Prozent) zu vertrauen. Während 46 Prozent sich darüber hinaus unentschieden zeigten, gaben 8 % an, der Wissenschaft (eher) nicht zu vertrauen. Inwiefern Laien Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Vertrauen schenken, hängt dabei von der wahrgenommenen Expertise dieser Person, sowie der Einschätzung ihrer Integrität (d.h. ob die Person den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis folgt) sowie ihrem Wohlwollen ab (Hendriks et al., 2016). So zeigte sich beispielsweise in einer Studie von Hendriks et al. (2015a), dass das gezielte Hinweisen auf Limitationen oder Mängel durch die Wissenschaftlerin oder den Wissenschaftler selbst beim Kommunizieren ihrer Ergebnisse zu einem größeren Vertrauenszuspruch durch Laien führen kann. Obwohl mehrere Studien bereits das Vertrauen der Bevölkerung in die Wissenschaft oder bezüglich spezifischer Themen erfasst haben, gibt es bislang wenige Studien, die untersucht haben, welche Faktoren mit dem Vertrauen zusammenhängen oder dieses beeinflussen (Kappel & Holmen, 2019). Ebenso wenig wurde bislang untersucht, inwiefern bestimmte Kommunikationsformate möglicherweise positive Auswirkungen auf das Vertrauen haben können (Kappel & Holmen, 2019).

Erste Arbeiten zeigen bereits einen Zusammenhang zwischen dem Interesse an Naturwissenschaften und epistemischen Überzeugungen (Fujiwara et al., 2012;

Urhahne & Hopf, 2004). Der Zusammenhang zwischen epistemischen Überzeugungen und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) wurde bislang nicht untersucht. Jedoch vermuten Nadelson et al. (2014), dass die Vorstellungen eines Individuums über die Charakteristika wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse mit dem Vertrauen in Wissenschaft zusammenhängen, wobei ein größeres Verständnis diesbezüglich mit einem ebenfalls größeren Vertrauen einhergeht.

2.3 Epistemische Überzeugungen in Interventionsstudien

Die Grundlage für die Betrachtung von Entwicklungs- und Veränderungsprozessen epistemischer Überzeugungen bildet das im folgenden Kapitel 2.3.1 beschriebene Modell im Rahmen der *Theory of Integrated Domains in Epistemology* (TIDE). Es fasst die Entwicklung epistemischer Überzeugungen als einen schleifenförmigen Prozess auf, wobei Lerngelegenheiten und Erfahrungen in verschiedenen Kontexten (z. B. soziokulturell, akademisch oder instruktional) zu dieser Entwicklung beitragen können. Wird eine Interventionsstudie zur Adressierung epistemischer Überzeugungen konzipiert, so findet dies innerhalb eines instruktionalen Kontextes statt. Ziel dieser Interventionsstudien ist dabei das Ansprechen der epistemischen Überzeugungen und das Induzieren einer Veränderung derselben hin zu fortgeschritteneren Vorstellungen. Die theoretische Rahmung eines solchen Veränderungsprozesses wird durch das Modell des epistemischen Wandels beschrieben (Kapitel 2.3.2). Im Folgenden werden bisherige empirische Befunde von Interventionsstudien im Bereich epistemischer Überzeugungen näher betrachtet. Mayer und Rosman (2016) unterscheiden bei empirischen Arbeiten zur Entwicklung und der Veränderung epistemischer Überzeugungen zwei Arten von Fragestellungen. Die erste betrachtet die Veränderung epistemischer Überzeugungen im Laufe der Zeit. Die zweite richtet ihren Fokus auf die Beeinflussung dieser Überzeugungen durch Interventionen. Da Studien aus dem Kontext der ersten Fragestellung meist auf der Forschungstradition der eindimensionalen Entwicklungsmodelle basieren (siehe dafür auch Abschnitt 2.2), wohingegen diese Arbeit darauf abzielt, eine Interventionsstudie zur Adressierung epistemischer Überzeugungen zu konzipieren und durchzuführen, wird hier nicht näher auf diese eingegangen. Stattdessen werden verstärkt Arbeiten mit gezielten Interventionen in

den Blick genommen (Kapitel 2.3.3). In Kapitel 2.3.4 werden anschließend *Concept Cartoons* vorgestellt, welche in dieser Interventionsstudie als Instruktionsmethode zur Adressierung epistemischer Überzeugungen sowie als Erhebungsmethode dienen.

2.3.1 Entwicklung von epistemischen Überzeugungen

Für die Betrachtung der Entwicklung von epistemischen Überzeugungen wird das Modell der *Theory of Integrated Domains in Epistemology* (TIDE) (Muis et al., 2006) zu Grunde gelegt (siehe Abb. 3), welches nach Mayer und Rosman (2016) forschungsleitend ist. Das Modell basiert auf einer multidimensionalen Betrachtung epistemischer Überzeugungen und versteht deren Entwicklung nicht als kontinuierlichen, sondern als einen schleifenförmigen Prozess (von *Absolutismus* über *Multiplizismus* hin zu *Evaluativismus*). Dieser Prozess vollzieht sich über die Lebenszeit (Abb. 3, *breiter, schleifenförmiger Pfeil unten*) (Muis et al., 2006). Die Erfahrungen und Lerngelegenheiten, die zu dieser Entwicklung beitragen, finden in verschiedenen miteinander interagierenden Kontexten statt (Abb. 3, *gestrichelte Kästen und Pfeildarstellungen*) (Bendixen & Rule, 2004; Muis et al., 2006). Das Modell sieht eine Untergliederung epistemischer Überzeugungen auf drei Hierarchieebenen vor: allgemeine, akademische und domänenspezifische Überzeugungen, welche koexistieren und sich gegenseitig beeinflussen (in Anlehnung an Mayer und Rosman (2016)).

Die Entwicklung der allgemeinen Überzeugungen beginnt innerhalb des sozio-kulturellen Kontextes mit der Geburt (Muis et al., 2006). In den sozio-kulturellen Hintergrund ist wiederum der akademische Kontext eingebettet (siehe Abb. 3), innerhalb dessen mit dem Eintritt in die Schulzeit die Entwicklung der akademischen und der domänenspezifischen Überzeugungen beginnt. Diese Entwicklung setzt sich hauptsächlich im Rahmen der akademischen Jahre fort (Muis et al., 2006). Mit weiterem Fortschreiten im akademischen Kontext nimmt dabei der Einfluss domänenspezifischer Überzeugungen gegenüber allgemeiner Überzeugungen zu, wobei derartige Überzeugungen in einen instruktionalen Kontext eingebettet sind (siehe Abb. 3) (Muis et al., 2006).

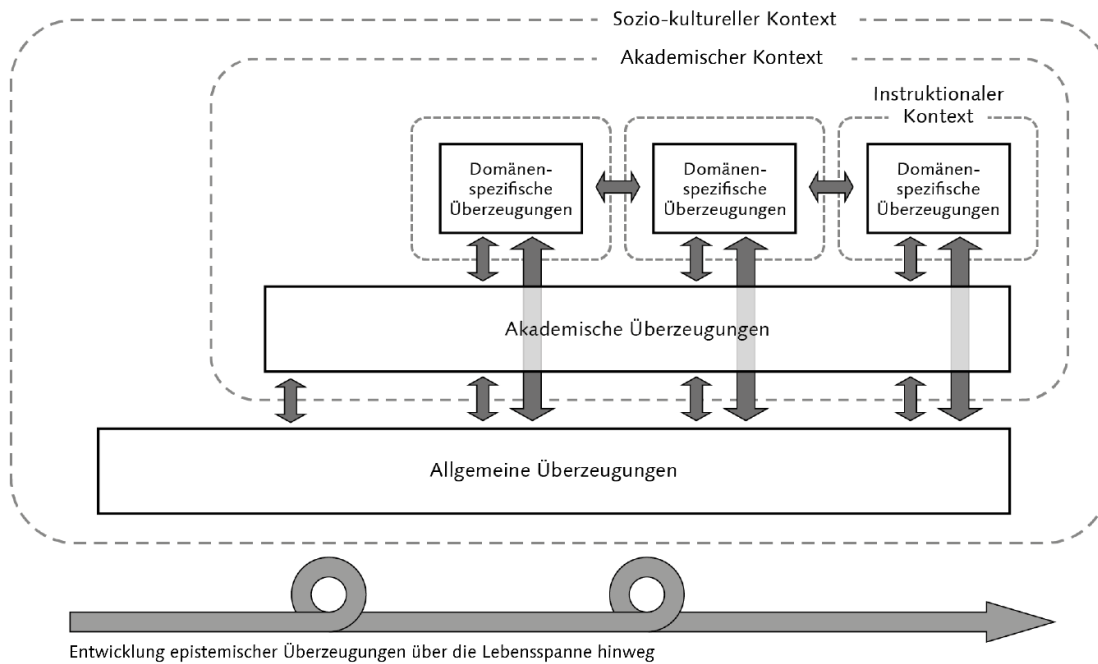


Abbildung 3: Das TIDE-Modell (*Theory of Integrated Domains in Epistemology*), übersetzt und verändert nach Muis et al. (2006). Das Modell differenziert epistemische Überzeugungen auf drei Hierarchieebenen: allgemeine, akademische und domänenspezifische Überzeugungen, welche miteinander interagieren. Muis et al. (2006) verstehen die Entwicklung epistemischer Überzeugungen dabei als einen schleifenförmigen Prozess, der sich über die Lebenszeit vollzieht. Die Entwicklung der allgemeinen Überzeugungen beginnt mit der Geburt innerhalb des sozio-kulturellen Kontextes, während die Entwicklung der akademischen Überzeugungen mit dem Eintritt in die Schule innerhalb des akademischen Kontextes beginnt und die disziplinspezifischen Überzeugungen innerhalb instruktionaler Kontexte adressiert werden.

Das TIDE-Modell kann demnach als ein vielschichtiges Modell verstanden werden. Dies weist darauf hin, dass Individuen sowohl über allgemeine und disziplinübergreifende als auch über disziplinspezifische (oder sogar themenspezifische) epistemische Überzeugungen verfügen (Kienhues et al., 2011; Kienhues, 2016; Muis et al., 2006). Weiter nimmt Kienhues (2016) an, dass der Spezifitätsgrad epistemischer Überzeugungen vom Vorwissen bzw. den Vorerfahrungen der Person abhängt. Erst durch eine Auseinandersetzung mit einer Disziplin bzw. einem Thema sei eine Ausdifferenzierung zu erwarten. Findet eine derartige Auseinandersetzung nicht statt, wird eher auf allgemeine Überzeugungen zurückgegriffen. Somit konnten Muis et al. (2006) mit dem TIDE-Modell Klarheit in der Diskussion schaffen, ob epistemische Überzeugungen allgemeiner oder domänenspezifischer Natur sind. Dadurch kann bei Forschungsarbeiten je nach Fragestellung entschieden werden, auf welchem Spezifitätsgrad epistemische Überzeugungen betrachtet werden sollten (Bernholt

& Moschner, 2017; Hofer, 2006a). Wird eine Interventionsstudie zur Adressierung epistemischer Überzeugungen konzipiert, so findet dies im Rahmen von einem instruktionalen Kontext (z.B. ein Format der Wissenschaftskommunikation) statt, in dem die domänenspezifischen Überzeugungen adressiert werden können. Auf die theoretische Rahmung eines Veränderungsprozesses der epistemischen Überzeugungen, der möglicherweise durch eine Interventionsstudie induziert wird, wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

2.3.2 Theoretische Rahmung des epistemischen Wandels

Als theoretische Rahmung des epistemischen Wandels wird das Prozessmodell von Bendixen und Rule (2004) inklusive der Erweiterung von Rule und Bendixen (2010) zu Grunde gelegt (siehe Abb. 4). Dieses Modell bildet darüber hinaus auch die Grundlage für die didaktische Strukturierung der außerschulischen Lerneinheit (siehe Abschnitt 7.2). Das *Integrative Model of Personal Epistemology Development (IM)* basiert auf einer multidimensionalen Betrachtung epistemischer Überzeugungen sowie der Annahme, dass epistemisches Denken sich sowohl auf allgemeiner als auch auf spezifischer Ebene entwickeln kann (Bendixen & Rule, 2004). Dabei besteht der Veränderungsmechanismus aus drei zentralen, miteinander zusammenhängenden Bedingungen (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010): (1) dem epistemischen Zweifel⁹ (*epistemic doubt*), (2) der epistemischen Volition (*epistemic volition*) und (3) den Lösungsstrategien (*resolution strategies*). Diese drei Komponenten werden im Folgenden weiter ausgeführt.

Die erste notwendige Voraussetzung für den epistemischen Wandel stellt der *epistemische Zweifel* dar (in Anlehnung an die *Conceptual Change*- Literatur (siehe u.a. Dole & Sinatra (1998)) (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). So können beispielsweise neue Erfahrungen oder Informationen zum Hinterfragen und Infrage stellen der eigenen Vorstellungen führen, wodurch die Möglichkeit zur Veränderung geschaffen wird (Rosman, 2016). Das Hinterfragen der eigenen Überzeugungen beinhaltet das Abwägen von Evidenzen sowie die Beurteilung der Glaubwürdigkeit der

⁹ Die deutsche Übersetzung der Modellkomponenten wurde in Anlehnung an Rosman (2016) übernommen.

neuen Informationen (Bendixen & Rule, 2004). Ergibt diese Beurteilung, dass die Evidenz plausibel und glaubwürdig ist, so können sich die epistemischen Überzeugungen des Individuums zu einem fortgeschritteneren Standpunkt weiterentwickeln (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). Dennoch weisen die Autorinnen an dieser Stelle darauf hin, dass das Hervorrufen eines epistemischen Zweifels allein keine Garantie dafür ist, dass der Mechanismus der Veränderung stattfindet- ein Phänomen, das ebenfalls in der *Conceptual Change*- Literatur beschrieben wird (Dole & Sinatra, 1998).

Neben dem epistemischen Zweifel spielt der Prozess der *epistemischen Volition* eine wichtige Rolle (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). Basierend auf einem Bewusstsein für die eigenen Vorstellungen entsteht eine Intention zur aktiven Veränderung (Bendixen & Rule, 2004; Mayer & Rosman, 2016; Rule & Bendixen, 2010). Kienhues (2016) bezeichnet diese Bedingung auch als *motivationale Komponente* bzw. *zielgerichtete Anstrengung*. Es ist laut Rosman (2016) also essentiell, dass man sich der eigenen Vorstellungen bewusst wird und diese willentlich hinterfragt. Liegen sowohl epistemischer Zweifel als auch epistemische Volition vor, kann der epistemische Wandel stattfinden (Rosman, 2016).

Für eine Realisierung dieser Intentionen ist die letzte *Skill*-Komponente (nach Kienhues (2016)) für die Veränderung bestehender Überzeugungen essentiell (Bendixen & Rule, 2004; Mayer & Rosman, 2016; Rule & Bendixen, 2010): die *Lösungsstrategien*, welche auf den beiden vorangegangenen Komponenten basieren. Wichtige Lösungsstrategien sind dabei insbesondere Reflexion und soziale Interaktion (Bendixen & Rule, 2004). Rosman (2016) weist darauf hin, dass Reflexion sowie die Diskussion alternativer Perspektiven auch gemeinsam in einer Gruppe erfolgen kann. Je mehr ein Individuum im Prozess metakognitiv engagiert ist und die eigenen Vorstellungen hinterfragt, desto nachhaltiger ist der epistemische Wandel (siehe Abb. 4, Metakognition) (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010).

Bendixen und Rule (2004) führen in ihrem Modell zwei Voraussetzungen für den epistemischen Wandel an: Dissonanz und persönliche Relevanz. Passen die gegenwärtigen Vorstellungen eines Individuums nicht mit neuen Erfahrungen zusammen, kann ein Gefühl von Unzufriedenheit mit den eigenen aktuellen Vorstellungen entstehen. Diese sogenannte Dissonanz kann eine Person dazu

motivieren, die eigenen Vorstellungen zu hinterfragen (Bendixen & Rule, 2004). Die Autorinnen heben den Unterschied zwischen der Dissonanz und dem epistemischen Zweifel hervor: Während die Dissonanz eher das Gefühl der Unzufriedenheit mit den eigenen Vorstellungen beschreibt, meint der epistemische Zweifel das explizite Hinterfragen vorhandener Vorstellungen. Neben der Dissonanz wird hier eine weitere wichtige Voraussetzung angeführt: die persönliche Relevanz [in Anlehnung an die *Conceptual Change*-Literatur (siehe u.a. Dole und Sinatra (1998))] (Bendixen & Rule, 2004). Dazu gehört neben dem Interesse am Thema eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung. Essentiell sind außerdem die emotionale Involviertheit in den Prozess und das Gefühl, Einfluss auf das Ergebnis des Prozesses zu haben (Bendixen & Rule, 2004).

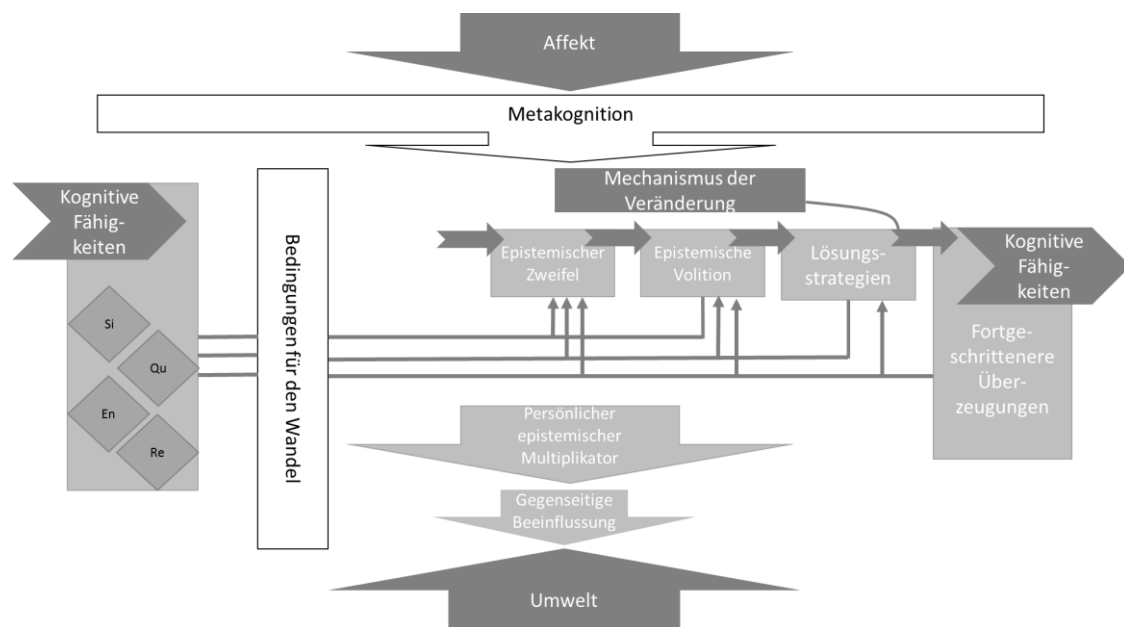


Abbildung 4: Das Integrative Model of Personal Epistemology Development (IM), verändert nach Bendixen und Rule (2004) bzw. Rule und Bendixen (2010). Das Prozessmodell beschreibt den Veränderungsprozess von den gegenwärtigen (*Kasten links*) hin zu fortgeschrittenen Überzeugungen (*Kasten rechts*), wobei zu jedem Zeitpunkt eine Rückkehr zu den ursprünglichen Vorstellungen möglich ist (*Pfeildarstellungen*). Der Mechanismus, der zu einer Veränderung bestehender Überzeugungen führt, wird hier anhand von drei Komponenten beschrieben: (1) Epistemischer Zweifel, (2) Epistemische Volition und den (3) Lösungsstrategien. Darüber hinaus gibt es zwei Bedingungen für das Eintreten eines epistemischen Wandels (*weißes Rechteck*): Dissonanz und persönliche Relevanz. Dieser dynamische Prozess wird dabei durch die Umwelt (u.a. Peer-Group), die eigenen Emotionen sowie den Grad an metakognitiver Involviertheit beeinflusst.

Die hier beschriebene Entwicklung wird als ein dynamischer Prozess gefasst, bei dem es zu jedem Zeitpunkt während des Veränderungsvorgangs möglich ist, dass das Individuum zu seinen ursprünglichen Vorstellungen zurückkehrt (Pfeildarstellungen in

Abb. 4) (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). Darüber hinaus haben die Interaktionen mit der Umwelt, in welcher die Lernenden agieren, ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die epistemische Entwicklung (u.a. die bedeutende Rolle der *Peer-Group*) (siehe Abb. 4, Umwelt) (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). Es wird dabei angenommen, dass eine fortschrittliche Veränderung der epistemischen Überzeugungen einer Person gleichzeitig jene der sie umgebenden Individuen beeinflussen kann und somit möglicherweise auch dort einen Veränderungsprozess hin zu fortgeschritteneren Überzeugungen auslöst (siehe Abb. 4, persönlicher epistemischer Multiplikator) (Rule & Bendixen, 2010). Des Weiteren ist auch die bedeutende Rolle von Emotionen im gesamten Prozess der epistemischen Veränderung im Modell integriert (siehe Abb. 4, Affekt) (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). Emotionen scheinen unter anderem bedeutend, da es Hinweise aus der Literatur gibt, dass das Stadium des epistemischen Zweifels von vielen Befragten als beängstigend und deprimierend beschrieben wird (u. a. Bendixen, 2002). Gefühle können hier also sowohl förderlichen Einfluss auf das Fortschreiten des epistemischen Wandels haben, als auch bewirken, dass eine Rückkehr zu alten Vorstellungen stattfindet (Bendixen & Rule, 2004; Rule & Bendixen, 2010). Im Folgenden wird näher auf bisherige Interventionsstudien im Bereich der epistemischen Überzeugungen eingegangen.

2.3.3 Empirische Befunde zum epistemischen Wandel in Interventionsstudien

Bislang gibt es nur wenige Interventionsstudien, welche empirisch die verschiedenen Instruktionsmaßnahmen zur Induzierung eines epistemischen Wandels untersucht haben (Kienhues et al., 2016). Kienhues (2016) sowie Kienhues et al. (2016) unterscheiden Interventionsstudien dabei hinsichtlich der Frage, ob eine indirekte oder eine direkte Konfrontation mit konfligierenden Informationen zur Induktion eines epistemischen Zweifels genutzt wird. Beispiele einer *indirekten Konfrontation* sind der Einsatz spezifisch gestalteter Lerneinheiten in formalen bzw. informalen Bildungssettings, bei denen anhand des Kursinhalts bzw. der Kursgestaltung verschiedene Aspekte epistemischer Überzeugungen adressiert werden können (z.B. bei der Testung von traditionellen vs. konstruktivistischen Lernumgebungen (Conley et al., 2004; Muis & Duffy, 2013; Kienhues, 2016)). Positive Auswirkungen auf die

epistemischen Überzeugungen konnten dabei u.a. durch praktische Kurse mit Einheiten zum eigenständigen Experimentieren (Conley et al., 2004), einer Kombination aus Interventionen, etwa textbasierten Arbeitsmaterialien mit Aktivitäten innerhalb der Klasse (Kalman et al., 2015), reflexive Tagebücher (Güven et al., 2014) oder das Explizieren von *Nature of Science*-Aspekten (Johnson & Willoughby, 2018) erreicht werden. Durch diese Einheiten soll dabei nicht zuletzt gezeigt werden, dass sich Wissen durch neue Erkenntnisse ändern kann, dass es Fragen gibt, auf die sich keine eindeutig richtige Antwort finden lässt oder dass mehr als ein Experiment in den Naturwissenschaften notwendig ist, um die Ergebnisse abzusichern (Kienhues et al., 2016).

Von solchen Arbeiten sind Interventionsstudien abzugrenzen, die eine *direkte Konfrontation* mit konfligierenden Informationen nutzen, um einen epistemischen Wandel zu induzieren (Kienhues et al., 2016; Kienhues, 2016). Die Informationen sind dabei entweder in *einem* (Kienhues & Bromme, 2012; Kienhues et al., 2008) oder in *mehreren* (Ferguson et al., 2012; Kienhues et al., 2011) Texten (beispielsweise aus dem Internet) enthalten und adressieren ebenfalls beispielhaft verschiedene Aspekte epistemischer Überzeugungen (siehe hierfür die Erläuterungen zum *exemplarischen Prinzip* in Kienhues et al. (2008)). Aus den Arbeiten geht hervor, dass sich eine direkte Konfrontation eignet, um (zumindest kurzfristig) eine Veränderung epistemischer Überzeugungen hervorzurufen (Kienhues, 2016). Für eine detailliertere Beschreibung einzelner Studien sei auf Ferguson und Bråten (2013), Kienhues et al. (2016) und Kienhues (2016) sowie die Auflistung der Studien zum epistemischen Wandel von Muis et al. (2016, ab S. 337) verwiesen.

Im Bereich der Naturwissenschaften wurden mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I und II als Zielgruppe bisher erst vereinzelt Interventionsstudien durchgeführt, die auf einer indirekten Konfrontation mit konfligierenden Informationen beruhen. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht der Interventionsstudien (mit indirekter Konfrontation mit konfligierenden Informationen) im Bereich Naturwissenschaft mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I und II als Zielgruppe.¹⁰

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
Carey et al. (1989)	<i>N</i>	27
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 7. Klasse
	Intervention	Dreiwöchige <i>Nature of Science</i> - Einheit
	Design	Prä, Post
	Instrument & Daten-auswertung	<ul style="list-style-type: none"> Interviews Quantitativ
Bell (1998) (siehe auch Bell & Linn (2002))	<i>N</i>	166 - 170
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse
	Intervention	Dreiwöchige Intervention; Aufbau von Argumenten und gemeinsame Diskussionen innerhalb der Klasse zu einem kontroversen naturwissenschaftlichen Thema
	Design	Prä, Post
	Instrument & Daten-auswertung	<ul style="list-style-type: none"> Interviews Quantitativ, qualitativ
Smith et al. (2000)	<i>N</i>	45
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse
	Intervention	Konstruktivistisches Lernprogramm vs. traditionelles, konventionelles Lernprogramm über sechs Jahre der Grundschule im naturwissenschaftlichen Kurs
	Design	Post
	Instrument & Daten-auswertung	<ul style="list-style-type: none"> Interviews Quantitativ
Conley et al. (2004)	<i>N</i>	187
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 5. Klasse
	Intervention	Neunwöchiges naturwissenschaftliches Programm über die Eigenschaften von chemischen Substanzen mit hohen <i>hands-on</i> - bzw. experimentellen Anteilen
	Design	Prä, Post ohne Kontrollgruppe
	Instrument & Daten-auswertung	<ul style="list-style-type: none"> Instrument: Conley et al. (2004) Quantitativ
Çam & Geban (2011)	<i>N</i>	63
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 11. Klasse
	Intervention	Sechswöchige Intervention; Fallbasiertes Lernen vs. traditionelles, konventionelles Lernprogramm
	Design	Prä, Post
	Instrument & Daten-auswertung	<ul style="list-style-type: none"> Instrument: Schommer (1990) (ins Türkische übersetzt) Quantitativ

¹⁰ Die Übersicht umfasst beispielhafte Studien in diesem Bereich, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Aufgrund der geringen Anzahl an Studien in diesem Feld wurde zusätzlich die Studie von Conley et al. (2004) mit einbezogen, welche mit Lernenden aus der Grundschule durchgeführt wurde. Da diese allerdings bereits der 5. Klasse angehörten (in Deutschland: Sekundarstufe I), wurde diese Arbeit mit in der Übersicht erfasst.

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
Huang et al. (2017)	N	138
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse
	Intervention	Simulationsbasierte Lernumgebungen für das forschende Lernen mit/ohne metakonzeptuelle Unterstützung (Interventionsdauer: eine Woche)
	Design	Prä, Post ohne Kontrollgruppe (bei einigen Variablen auch mit Follow-up, aber nicht für die epistemischen Überzeugungen)
	Instrument & Datenauswertung	<ul style="list-style-type: none"> • Instrument: Conley et al. (2004) zur Erfassung naturwissenschaftsbezogener epist. Überzeugungen (Prä & Post) & das domänenallgemeine Instrument (<i>Epistemological belief survey</i>) von Wood und Kardash (2002) • Quantitativ
Chen (2017)	N	26
	Stichprobe	Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse
	Intervention	Zehnwöchige biologische Lerneinheit über das Wachstum von Populationen (4h pro Woche, á 45min.), Wissenserwerb durch Generierung und Bewertung von Ideen innerhalb des Klassenverbandes
	Design	Prä, Post ohne Kontrollgruppe
	Instrument & Datenauswertung	<ul style="list-style-type: none"> • EB-Instrument: Conley et al. (2004) • Quantitativ

Zusammengefasst zeigen die bisherigen Arbeiten, dass bereits kurze Interventionen eine Veränderung epistemischer Überzeugungen induzieren können und diese somit nicht als starr bzw. stabil sondern als veränderbar bzw. flexibel sowie kontextspezifisch konzeptualisiert werden sollten (siehe dafür auch Abschnitt 2.4) (Kienhues et al., 2016; Rosman, 2016). Letzteres ist insbesondere bedeutsam, da das Vorwissen eine wichtige Rolle in den Prozessen spielt (Kienhues, 2016; Mayer & Rosman, 2016). Es wird angenommen, dass eine Zunahme an themenspezifischem Wissen mit einer Zunahme der Ausdifferenzierung epistemischer Überzeugungen einhergeht. Dies würde dazu führen, dass eine Person mit höherem themenspezifischen Wissen über spezifischere epistemische Überzeugungen verfügt, während ein Individuum mit geringem Vorwissen auf vergleichsweise allgemeine Überzeugungen zurückgreift (Kienhues, 2016; Mayer & Rosman, 2016). Darüber hinaus ist es essentiell den Kontext mit einzubeziehen, um entscheiden zu können welche Vorstellungen als eher naiv bzw. eher sophistiziert zu betrachten sind und welche damit das Ziel der Intervention darstellen (siehe dafür auch die Kritik hinsichtlich der Normativität epistemischer Überzeugungen in Abschnitt 2.4) (u. a. Kienhues, 2016; Klopp & Stark, 2016).

Kienhues (2016) plädiert dafür, dass das Ziel darin bestehen sollte, Individuen für die kontextabhängigen Vorteile der Ausprägung epistemischer Überzeugungen zu sensibilisieren. Mayer und Rosman (2016) sowie Muis et al. (2016) weisen darauf hin, dass nicht nur die kurzfristige Beeinflussbarkeit epistemischer Überzeugungen, sondern insbesondere die Nachhaltigkeit der Interventionen in zukünftigen Studien untersucht werden sollte. Um ein tiefergehendes Verständnis des epistemischen Wandels zu erlangen, sei es darüber hinaus essentiell (quasi-) experimentelle Designs (inkl. Kontrollgruppe) zu verwenden. Dabei sind quantitative mit qualitativen Methoden in den Untersuchungen zu kombinieren sowie damit zusammenhängende Variablen (z.B. motivationale) mit einzubeziehen (Bendixen, 2016; Kienhues et al., 2016). Das Ziel sollte darin bestehen, die Mechanismen epistemischen Wandels zu verstehen und Instruktionsmaßnahmen zu identifizieren, die beispielsweise einen epistemischen Wandel induzieren oder die epistemische Volition sowie die Lösungsstrategien unterstützen können (Kienhues et al., 2016). Bråten (2016) weist darauf hin, dass hier noch viel Arbeit zu leisten ist, bevor anhand empirischer Ergebnisse Empfehlungen für die Praxis ausgesprochen werden können.

2.3.4 Concept Cartoons als Instruktionsmaßnahme zur Adressierung epistemischer Überzeugungen

Da in dieser Arbeit *Concept Cartoons* als Instruktionsmethode für ein Explizieren epistemischer Überzeugungen genutzt werden, wird im Folgenden ein Einblick in die bisherigen Forschungsarbeiten in der Disziplin gegeben. Diese wurden ursprünglich als Poster mit der Frage - *What do you think?* - für Londoner U-Bahn-Stationen entwickelt. Sie zielten darauf ab, das Nachdenken über naturwissenschaftliche Phänomene anzuregen (Keogh & Naylor, 1999). In den 1990er Jahren fanden sie auch Eingang in den Schulunterricht, um konstruktivistische Lernansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern (Keogh et al., 1998; Naylor & Keogh, 1999, 2013). Sie sollten die Lernenden, dem konstruktivistischen Grundgedanken entsprechend, motivieren, aktiv ihre eigenen Ideen zu entwickeln und ein individuelles Verständnis zu generieren (Naylor & Keogh, 1999, 2013; Stephenson & Warwick, 2002). So schreiben Naylor und Keogh (1999, S. 95): „*In this way, the concept cartoons help to create the conditions in*

which learners recognise that there is a conceptual conflict and that there may be other rational views on the situation". Sie wurden sowohl von Schülerinnen und Schülern der Primar- und Sekundarstufe als auch von ihren Lehrkräften positiv angenommen (Naylor & Keogh, 2013). Bei *Concept Cartoons* handelt es sich um Cartoon-artige Bilder, für deren Gestaltung folgende charakteristischen Merkmale zu Grunde liegen (Keogh et al., 1998): Es wird meist ein naturwissenschaftliches Phänomen in einem alltäglichen Kontext dargestellt. Dazu werden die wissenschaftlich korrekten sowie alternativen Sichtweisen von drei bis fünf Kindern oder Jugendlichen gleichberechtigt nebeneinander präsentiert. Die Auswahl der Sichtweisen beruht dabei u.a. auf der fachdidaktischen Forschung zu Schülervorstellungen, in Folge dessen alle Sichtweisen den Lernenden zunächst plausibel erscheinen und ein kognitiver Konflikt ausgelöst werden kann (Arnold et al., 2016; Keogh & Naylor, 1999). Sie enthalten wenig Text in Dialogform und können als Anreiz für Gruppendiskussionen verwendet werden (Anschütz, 2012; Arnold et al., 2016; Keogh et al., 1998; Naylor & Keogh, 1999, 2013). Dadurch nehmen die Lernenden eine Rolle ein, in welcher sie die Aussagen dritter Personen bewerten und diskutieren. Somit verhalten sie sich weniger zurückhaltend, als wenn sie ihre eigenen Vorstellungen zur Schau stellen müssten (Naylor & Keogh, 2013). Darüber hinaus werden für die visuelle Darstellung der fiktiven Personen in den Cartoons Kinder oder Jugendliche verwendet. Somit wird eine persönliche Nähe geschaffen, um den Lernenden zu vermitteln, dass das Thema für sie von Bedeutung ist (*Personalisierungseffekt*, vgl. Mayer (2003)). *Concept Cartoons* können dabei als Lernunterstützung bzw. *scaffold* verstanden werden, d.h. als eine Struktur, welche die Lernenden bei der Bearbeitung der Aufgabe unterstützt (Arnold et al., 2016). Diese gehören dabei zu den *hard scaffolds*, d.h. statischen, auf Material basierenden Hilfsmitteln (Arnold et al., 2016). Obwohl diese ursprünglich für Lernende im Alter von 9-13 Jahren entwickelt wurden, sind sie bereits in unterschiedlichen Klassenstufen der Primar- und Sekundarstufe zum Einsatz gekommen (Stephenson & Warwick, 2002).

Concept Cartoons als diskursiv-reflexive Szenarien wurden bisher sowohl als Instruktionsmaßnahme aber auch als Erhebungsinstrument eingesetzt (Arnold et al., 2016; Chin & Teou, 2009). Es konnte bereits gezeigt werden, dass sie sich eignen, um Fehlvorstellungen bezüglich verschiedener wissenschaftlicher Phänomene zu adressieren und einen Konzeptwechsel zu bewirken (u. a. Naylor & Keogh, 2013;

Stephenson & Warwick, 2002). Darüber hinaus zeigt die Literatur, dass *Concept Cartoons* motivierend für Lernende verschiedener Klassenstufen und Kontexte sind und auch insbesondere jene Lernenden in die Diskussion eingebunden werden können, welche üblicherweise vorwiegend zurückhaltend sind (Keogh et al., 1998; Keogh & Naylor, 1999; Naylor & Keogh, 2013). So gaben Lernende in Interviews an, dass sie durch die Cartoons weniger Angst davor hatten, einen eigenen Standpunkt zu äußern (Keogh et al., 1998; Keogh & Naylor, 1999). Außerdem konnten die *Concept Cartoons* erfolgreich eingesetzt werden, um bevorzugte Lernansätze (behavioristisch vs. konstruktivistisch) der Schülerinnen und Schüler für den Mathematikunterricht zu erfassen (Sexton, 2010) sowie problembasiertes (İnel & Balım, 2013) oder forschendes Lernen (Arnold et al., 2016) zu unterstützen. So gelang es beispielsweise Arnold et al. (2016), zu zeigen, dass durch die kognitiv aktivierende Wirkung der *Concept Cartoons* höhere Lernzuwächse im wissenschaftlichen Denken, dem Methodenwissen und dem Fachwissen erreicht werden konnten. Die wahrgenommene kognitive Belastung durch die Lernenden konnte überdies verringert werden und sie konnten sich so über die einzelnen Schritte des forschenden Lernens bewusst werden.

Concept Cartoons als Erhebungsinstrument wurden beispielsweise im formativen Assessment eingesetzt. So erhielten Lehrkräfte Auskunft über vorliegende Fehlvorstellungen, wodurch diese gezielt adressiert werden konnten (Chin & Teou, 2009; Naylor & Keogh, 2013). Neben der Erfassung von Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu wissenschaftlichen Phänomenen, eignen sich *Concept Cartoons* auch insbesondere, um Vorstellungen und Überzeugungen der Lernenden bezüglich übergeordneter Konstrukte der fachdidaktischen sowie psychologischen Forschung zu adressieren (Anschütz, 2012; Chin & Teou, 2009; Çil, 2014). Sie wurden erfolgreich genutzt, um eine Diskussion über *Nature of Science*-Aspekte anzuregen und die Vorstellungen der Lernenden diesbezüglich zu erfassen (Çil, 2014). Anschütz (2012) setzte *Concept Cartoons* zur Erfassung epistemischer Überzeugungen ein und konnte zeigen, dass diese Methodik gegenüber anderen qualitativen Verfahren in Bezug auf zeitliche oder finanzielle Aspekte vorteilhaft ist. Weiterhin wurde mittels der Cartoons unter anderem der Zusammenhang zwischen epistemischen Überzeugungen und Zielorientierungen untersucht (Bernholt & Moschner, 2017). In Anlehnung an Bernholt (2017) können die zu Beginn beschriebenen Charakteristika für die Gestaltung der

38

Concept Cartoons wie folgt angepasst werden, wenn diese zur Erfassung epistemischer Überzeugungen eingesetzt werden sollen: Es werde dabei ein Phänomen hinsichtlich der Natur des Wissens und Wissenserwerbs präsentiert. Die dies betreffenden verschiedenen Meinungen von drei bis fünf Jugendlichen werden in dialogischer Form mit minimalem Text dargestellt, wobei die Meinungen aller Jugendlichen als gleichwertig zu betrachten sind. In diesem Kontext gibt es keine als *richtig* akzeptierte Lösung, wodurch die Lernenden angeregt werden sollen, ähnlich den Personen im Cartoon, ihren eigenen Standpunkt in die Diskussion einzubringen (Anschütz, 2012; Bernholt, 2017). Anschütz (2012) weist drauf hin, dass *Concept Cartoons* eine hilfreiche Lernunterstützung zur Adressierung epistemischer Vorstellungen darstellen. Solche Vorstellungen sind den Lernenden nicht unbedingt bewusst und können durch die Cartoons zunächst bewusst gemacht und anschließend reflektiert werden.

2.4 Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von epistemischen Überzeugungen

Nachdem im vorherigen Kapitel bereits *Concept Cartoons* als eine mögliche Erhebungsmethode zur Erfassung epistemischer Überzeugungen vorgestellt wurden, wird in diesem Kapitel der aktuelle Forschungsstand zu Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung epistemischer Überzeugungen ausgeführt. Das Forschungsfeld der epistemischen Überzeugungen wird bis heute von einer Diskussion über geeignete Messverfahren zur Erfassung epistemischer Überzeugungen begleitet (Bernholt et al., 2017). So schreibt Mason (2016, S. 388): „*The measurement of epistemic cognition is complex, because of the nature of the construct itself, its definition and the different levels at which it can be measured.*“

Nachdem zu Beginn im Rahmen der Entwicklungsmodelle (siehe Abschnitt 2.2) epistemische Überzeugungen hinsichtlich explorativer Fragestellungen hauptsächlich mit Interviews (z. T. basierend auf verschiedenen Szenarios) erfasst wurden, kamen bei Arbeiten, denen multidimensionale Modelle zu Grunde lagen, häufig Likert-skalierte Fragebögen zum Einsatz. Dadurch wurde die Untersuchung größerer Stichproben sowie der Beziehung zwischen epistemischen Überzeugungen und anderen Konstrukten (siehe

Abschnitt 2.2.2) möglich (Anschütz, 2012; Mason, 2016). Die Kritik an den Messverfahren bisheriger Arbeiten soll im Folgenden genauer erläutert werden.

Die Kritik an der Verwendung von Fragebögen ist vielschichtig und bezieht sich sowohl auf die zugrunde liegenden theoretischen Konzeptualisierungen als auch auf psychometrische Problematiken (u. a. Hofer, 2016; Mason, 2016; Sinatra, 2016). Ein erster Kritikpunkt richtet sich zunächst an die Konzeptualisierung von epistemischen Überzeugungen als Persönlichkeitsmerkmale, welche über eine bestimmte Zeit und über verschiedene Kontexte hinweg konsistent bleiben (Klopp & Stark, 2016; Mayer & Rosman, 2016). Klopp und Stark (2016) argumentieren, dass epistemische Überzeugungen stattdessen als kontextabhängige Zustände konzeptualisiert werden sollten, welche sich situationsabhängig verändern können (Mayer & Rosman, 2016). Die Schwierigkeit, ein derartig komplexes Konstrukt bzw. dessen verschiedene Dimensionen in Form von Items abzubilden und das Konstrukt somit in dessen Gesamtheit zu erfassen, führt häufig zu Problemen. Diese beziehen sich auf die Reliabilität und Validität sowie das Replizieren von theoretisch angenommenen Faktorstrukturen (u. a. DeBacker et al., 2008; Greene & Yu, 2014; Hofer, 2016; Mason, 2016; Priemer, 2006). Darüber hinaus ist ein Vergleich der Ergebnisse bisheriger Forschungsarbeiten auch insbesondere durch die unterschiedlichen zugrunde liegenden theoretischen Rahmungen sowie Instrumente erschwert (Anschütz, 2012).

Bei der Verwendung von Fragebögen wird außerdem davon ausgegangen, dass Individuen stets in der Lage sind, hinreichend valide ihre epistemischen Überzeugungen wiederzugeben (Klopp & Stark, 2016; Mason, 2016; Mayer & Rosman, 2016; Sinatra, 2016). So weist Anschütz (2012, S. 50) aber darauf hin, dass *„[die Überzeugungen] prinzipiell zwar bewusstseinsfähig, aber nicht zwingend bewusst sind“*. Außerdem lassen sowohl die Items selbst als auch die Antworten der Probanden einen großen Interpretationsspielraum (Priemer, 2006). Beides kann dazu führen, dass die Vorstellungen teilweise nicht konsistent sind (siehe den weiter oben angemarkten Punkt zu Problemen der internen Konsistenz) (Priemer, 2006). Klopp und Stark (2016) weisen hier auf den Unterschied zwischen berichteten epistemischen Überzeugungen (basierend auf den Angaben im Fragebogen) und gezeigten epistemischen Überzeugungen (basierend auf der Beobachtung von Verhalten) hin (Limón, 2006; Louca

et al., 2004). Diese müssen nicht zwangsläufig übereinstimmen, da davon auszugehen ist, dass das Messverfahren Einfluss auf das Konstrukt selbst hat (Klopp & Stark, 2016). Eine thematische Einarbeitung in das Thema oder den Kontext vor der Befragung kann bei der Fragebogenerhebung zu einer *Urteilsverzerrung* führen, da die eigenen epistemischen Überzeugungen nicht mehr explizit hinterfragt werden. Die Ermittlung einer Veränderung hin zu naiveren Ansichten mittels Fragebogendaten kann die Folge sein (Klopp & Stark, 2016; siehe dafür auch Köller et al., 2000; Trautwein & Lüdtke, 2007). Es sollte dennoch angemerkt werden, dass Fragebögen insbesondere für theoretische Erkenntnisse (z.B. für das Aufklären von Zusammenhängen mit anderen lernrelevanten Konstrukten, siehe Abschnitt 2.2.2) essentiell waren bzw. sind und mit ihnen viele ökonomische Vorteile (z.B. das Erfassen größerer Stichproben) im Gegensatz zu qualitativen Verfahren erreicht werden konnten bzw. können (Mayer & Rosman, 2016).

Weitere Kritik bezieht sich auf die Normativität epistemischer Überzeugungen, d. h. auf die Annahmen darüber, inwiefern eine bestimmte Ausprägung bezüglich einer Dimension zwischen den Polen *naiv* und *sophistiziert* als *fortgeschrittener* zu bewerten ist als andere Ausprägungen (u. a. Greene & Yu, 2014; Klopp & Stark, 2016; Priemer, 2006; Sinatra, 2016). Gegenwärtig ist keineswegs geklärt, welche Ausprägung epistemischer Überzeugungen im Allgemeinen als angemessener zu betrachten ist (Bernholt et al., 2017). Klopp und Stark (2016) weisen deshalb auf die von Elby und Hammer (2001) vorgenommene Unterscheidung zwischen *Produktivität* und *Korrektheit* epistemischer Überzeugungen hin. Während erstere thematisiert, welche Ausprägung epistemischer Überzeugungen in der jeweiligen Situation funktionaler ist, geht es bei letzterer um die Frage, ob die Vorstellungen eines Individuums mit jenen übereinstimmen, die innerhalb einer Gemeinschaft (z. B. in den Naturwissenschaften) als *fortgeschrittener* angesehen werden (Elby & Hammer, 2001; Klopp & Stark, 2016). So sei deshalb stets zu bedenken, dass in bestimmten Kontexten auch traditionell als *naiv* eingestufte Vorstellungen vorteilhaft sein können (Bråten et al., 2008; Hofer, 2016; Klopp & Stark, 2016). So mag es beispielsweise bei dem Besuch einer Einführungsveranstaltung an der Universität zielführend sein, Expertinnen und Experten

(hier: den Universitätsprofessorinnen und -professoren) vorerst Glauben zu schenken, anstatt jegliches vermitteltes Wissen in Frage zu stellen. Deutlich anders steht es aber beispielsweise um die Konfrontation mit kontroversen Informationen im Internet. Deshalb ist es essentiell, den Kontext für eine Einordnung der Vorstellungen eines Individuums zu berücksichtigen (Klopp & Stark, 2016).

In diesem Zusammenhang kritisieren Bromme et al. (2016) die Einstufung der Ausprägungen hinsichtlich der Dimension Quelle des Wissens (siehe hierfür auch Bromme (2005)). Traditionell bildet dabei die Ausprägung, dass das Individuum das Wissen selbst konstruiert den sophistizierteren Pol gegenüber der Ausprägung, dass das Individuum das vermittelte Wissen z.B. von einem Experten übernimmt, was klassischerweise als naivere Ausprägung bewertet wurde (Mayer & Rosman, 2016). Bromme et al. (2016) kritisieren daran, dass es in der heutigen Zeit niemandem möglich wäre, Experte auf jedem Gebiet zu sein. Somit kann es gleichermaßen notwendig wie auch förderlich sein, sich auf Expertinnen und Experten zu verlassen. Dies sollte aber nicht mit blindem Vertrauen verwechselt werden (siehe hierfür auch die Diskussionen zur *kognitiven Arbeitsteilung*, u.a. Bromme, 2005; Bromme & Goldman, 2014; Bromme & Kienhues, 2014). Bråten et al. (2008) empfehlen daher in zukünftigen Forschungsarbeiten zur Untersuchung von Vorstellungen über die Quelle von Wissen quantitative mit qualitativen Methoden zu kombinieren.

Abschließend bleibt die Frage offen, welche Messverfahren zur Erfassung epistemischer Überzeugungen zum Einsatz kommen sollten. Neben den immer noch vielfach eingesetzten standardisierten Fragebögen, wurde eine Vielzahl weiterer, insbesondere qualitativer Verfahren für die Erfassung epistemischer Überzeugungen vorgeschlagen: so zum Beispiel die Methode des Lauten Denkens, die Beobachtung und Analyse von Lehr-Lern-Prozessen, auf Szenarios basierende Interviews oder das semantische Differential (CAEB- Instrument, siehe hierfür Stahl und Bromme (2007)) (u. a. Bendixen, 2016; Bråten, 2016; Hofer, 2016; Kammerer & Strømsø, 2016; Mason, 2016). Vorgeschlagen wird daher unter anderem, quantitative und qualitative Methoden zu kombinieren. Eine einzelne Methode ermöglicht es nicht, sämtliche Facetten dieses Konstrukts umfassend genug abzubilden und ein tiefgehendes Verständnis für das Konstrukt zu erlangen (Greene & Yu, 2014; Mason, 2016; Muis et al.,

2016). So stellt Mason (2016, S. 389) fest: *„The combination of quantitative and qualitative methodologies, as well as analyses at different resolutions that consider individual, contextual, and cultural aspects, is likely to offer an increasingly clear and complete picture of our fascinating, complex cognition about knowledge and knowing.“*

Zur umfassenden Betrachtung epistemischer Überzeugungen wird neben der Kombination quantitativer und qualitativer Methoden auch die Anwendung eines personenzentrierten Analyseansatzes empfohlen, welcher im folgenden Abschnitt näher erörtert wird.

2.5 Ein personenzentrierter Ansatz: Profile epistemischer Überzeugungen

Die Mehrheit der Forschungsarbeiten zu epistemischen Überzeugungen basiert bisher auf einem variablenzentrierten Ansatz (z. B. Varianzanalysen, Regressionsanalysen), wobei Zusammenhänge und Unterschiede verschiedener Variablen (z. B. hinsichtlich der Mittelwerte) im Fokus stehen (Chen, 2012; Ferguson & Bråten, 2013; Trevors et al., 2017). Obwohl in den Forschungsfragen dabei meist das Individuum im Zentrum steht, nimmt ein solcher Ansatz lediglich die gesamte Stichprobe in den Blick, wobei Subgruppen übersehen werden könnten (Kampa et al., 2016). Daher verstärkt sich der Eindruck, dass dieser Ansatz für die Untersuchung epistemischer Überzeugungen nicht zielführend ist (Bergman & Magnusson, 1997; Chen, 2012; Ferguson & Bråten, 2013; Kampa et al., 2016). So schreiben Molden und Dweck (2006, S. 192): *„by attempting to describe only the average, one runs the risk of describing nobody in particular“*.

Der personenzentrierte Ansatz basiert hingegen auf der Grundannahme, dass eine Population von Schülerinnen und Schülern heterogen ist und sich Subgruppen identifizieren lassen, welche über ähnliche Muster epistemischer Überzeugungen verfügen (Ferguson & Bråten, 2013; Kampa et al., 2016). Beispiele solcher Analysen sind die Clusteranalyse und die latente Klassen- bzw. Profilanalyse (LCA bzw. LPA), wobei letztere ein Spezialfall der LCA für intervallskalierte Daten ist (Kampa et al., 2016). Mittels dieser Analysen werden Individuen innerhalb einer heterogenen Ausgangspopulation anhand ihrer Antwortmuster basierend auf der Zielvariable homogenen Gruppen zugeordnet (Bergman & Magnusson, 1997; Kampa et al., 2016). Diese können dann hinsichtlich verschiedener Kovariaten charakterisiert und verglichen

werden (Hickendorff et al., 2018; Kampa et al., 2016). Darüber hinaus wird argumentiert, dass der Wechsel von der variablenzentrierten Herangehensweise hin zu einer personenzentrierten Herangehensweise nicht nur für die theoretischen Erkenntnisse gewinnbringend sind, sondern es insbesondere ermöglicht, Empfehlungen für die Praxis abzuleiten (Bergman & Magnusson, 1997; Chen, 2012; Ferguson & Bråten, 2013; Kampa et al., 2016; Trevors et al., 2017). Auch Veränderungen der epistemischen Überzeugungen könnten durch eine personenzentrierte Sichtweise gewinnbringend dokumentiert werden (Ferguson & Bråten, 2013; Trevors et al., 2017). So ermöglichen es derartige Erkenntnisse, Lehrkräfte darüber zu informieren, welche Subgruppen in Populationen von Lernenden auftreten, wodurch diese sich auszeichnen und welche speziellen Instruktionsmaßnahmen verwendet werden können, um die verschiedenen Gruppen anzusprechen (Bergman & Magnusson, 1997; Ferguson & Bråten, 2013). Im Folgenden werden Forschungsarbeiten vorgestellt, welche bereits einen personenzentrierten Ansatz zur Betrachtung epistemischer Überzeugungen angewendet haben (siehe Tabelle 2).

Während drei Studien mit Universitätsstudierenden durchgeführt wurden (Bråten et al., 2008; Buehl & Alexander, 2005; Scheiter et al., 2009), bestand die Zielgruppe bei den anderen sechs Studien aus Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher Klassenstufen der Sekundarstufe I und II (Chen, 2012; Ferguson & Bråten, 2013; Kampa et al., 2016; Mason et al., 2010; Mason et al., 2011; Trevors et al., 2017). Die Identifizierung von Mustern¹¹ epistemischer Überzeugungen unterscheidet sich bei den einzelnen Arbeiten in der theoretischen Rahmung und der Erhebungs- sowie Auswertungsmethodik (siehe Tabelle 2). Während der Großteil der Arbeiten zur Erfassung epistemischer Überzeugungen Likert-skalierte Instrumente verwendete, wurden in zwei Studien die Muster epistemischer Überzeugungen anhand von retrospektiven Interviews (Mason et al., 2010) bzw. Protokollen zum Lauten Denken (Mason et al., 2011) ermittelt. Zur Identifizierung der Muster wurde in den meisten Arbeiten eine Clusteranalyse angewendet (Buehl & Alexander, 2005; Ferguson & Bråten, 2013; Mason et al., 2010; Mason et al., 2011; Scheiter et al., 2009; Trevors et al., 2017). Zwei Arbeiten nutzten eine latente Profilanalyse (Chen, 2012; Kampa et al.,

¹¹ Für dieses Kapitel wird bewusst der allgemeinere Ausdruck *Muster* verwendet, da sich die Bezeichnung in den einzelnen Studien, je nach verwendetem Verfahren, unterscheidet (u.a. Cluster, Profile).

2016) und eine Arbeit verwendete die Methode des Median-Splits zur Musterermittlung (Bråten et al., 2008)¹². Die Anzahl der dabei identifizierten Muster liegt bei zwei bis fünf verschiedenen Typen, welche anschließend hinsichtlich verschiedener Kovariaten verglichen wurden (z.B. Motivation, Lernstrategien, Zielorientierungen, Wissen(szuwachs), Selbstkonzept). Ferguson und Bråten (2013) haben den personenzentrierten Ansatz darüber hinaus im Rahmen einer Prä-Post-Studie verwendet. Dabei haben sie bei Schülerinnen und Schülern der zehnten Klasse sowohl vor als auch nach dem Lesen konfligierender Texte jeweils Cluster identifiziert und die Cluster-Zugehörigkeit sowie die Veränderung zwischen den beiden Messzeitpunkten beobachtet. Zusammenfassend zeigte sich, dass auch kleine Unterschiede in dem Muster an epistemischen Überzeugungen mit deutlich anderen Ausprägungen auf anderen Konstrukten einhergehen, was die Notwendigkeit dieser personenzentrierten Herangehensweise unterstreicht (Kampa et al., 2016). Neben der Verallgemeinerbarkeit der identifizierten Muster für verschiedene Stichproben und Fachbereiche muss in zukünftigen Studien untersucht werden, inwiefern die Muster-Zugehörigkeit das Lernen beeinflusst bzw. inwiefern diese sich in Interventionen verändert (Trevors et al., 2017).

Tabelle 2: Übersicht der Studien mit einem personenzentrierten Ansatz zur Untersuchung epistemischer Überzeugungen (EBs).

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
Buehl & Alexander (2005)	N	482
	Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)	Universitätsstudierende (21.82 Jahre; w= 75,9 %)
	EB-Instrument	Domain-Specific Beliefs Questionnaire (DSBQ) (Buehl et al. (2002), 10-stufige Likert-Skala): Isolation von Wissen Discipline-Focused Epistemological Belief Questionnaire (DFEBQ) (Hofer (2000), 10-stufige Likert-Skala): Sicherheit von Wissen & Autorität als Quelle von Wissen
	Methode Identifizierte Cluster	Clusteranalyse Höhere Werte entsprechen naiveren Vorstellungen, geringere Werte entsprechen sophistizierteren Vorstellungen. Geschichte (G): (C1) (n = 69): relativ hohe Werte bei Sicherheit, der Isolation von Wissen und Autorität als Quelle von Geschichtswissen (C2) (n = 168): eher moderat in den drei Dimensionen geschichtsbezogener epistemischer Überzeugungen

¹² Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Arbeiten von Scheiter et al. (2009) und Ferguson und Bråten (2013) die Profile nicht allein über epistemische Überzeugungen identifizierten, sondern dabei noch weitere Konstrukte einbezogen wurden (u.a. Charakteristika der Lernenden, Wissen).

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
		<p>(C3) (<i>n</i> = 158): relativ geringe Vorstellungen bei der Isolation und Sicherheit von Wissen, moderate Werte bei der Autorität als Quelle des Wissens</p> <p>(C4) (<i>n</i> = 87): relativ geringe Werte in den drei Dimensionen geschichtsbezogener epistemischer Überzeugungen</p> <p>Mathematik (M):</p> <p>(C1) (<i>n</i> = 126): hohe Werte bei der Sicherheit von Mathematikwissen und der Autorität als Quelle des Wissens, eher moderat bei der Isolation des Wissens</p> <p>(C2) (<i>n</i> = 178): eher moderate Werte bei der Sicherheit und der Autorität als Quelle von Mathematikwissen, relativ hohe Werte bei der Isolation von Mathematikwissen</p> <p>(C3) (<i>n</i> = 105): relativ geringe Werte bei der Isolation von Mathematikwissen, eher moderate Werte bei der Sicherheit und Autorität als Quelle von Mathematikwissen</p> <p>(C4) (<i>n</i> = 73): relativ geringe Werte in allen Dimensionen</p> <ul style="list-style-type: none"> • G-C3 & G-C4 sind signifikant motivierter als G-C1 & G-C2 • G-C4 schneidet an beiden Messzeitpunkten signifikant besser beim Wissenstest ab und hat größeren Wissenszuwachs als G-C1 & G-C2; G-C3 schneidet signifikant besser ab als G-C1 • M-C2 ist signifikant weniger motiviert als die anderen Cluster • M-C3 schneidet signifikant besser im Wissenstest ab als M-C2 (bei Prä & Post)
Bråten et al. (2008)	<p>N</p> <p>Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)</p> <p>EB-Instrument</p> <p>Methode</p> <p>Identifizierte Gruppen</p> <p>Charakterisierung der Gruppen</p>	<p>135</p> <p>Universitätsstudierende (22.4 Jahre (<i>SD</i> = 4.4); <i>w</i> = 110, <i>m</i> = 25)</p> <p>Topic-Specific Epistemic Belief Questionnaire (TSEBQ) (Bråten & Strømsø, 2009): Einfachheit & Quelle von Wissen</p> <p>Median Split</p> <p>(1) SopSiNaSo (SN): Sophistiziertere Vorstellungen bei der Einfachheit von Wissen, naivere Vorstellungen bei der Quelle von Wissen</p> <p>(2) SopSiSopSo (SS): Sophistiziertere Vorstellungen bei der Einfachheit von Wissen, sophistiziertere Vorstellungen bei der Quelle von Wissen</p> <p>(3) NaSiNaSo (NN): Naivere Vorstellungen bei der Einfachheit von Wissen, naivere Vorstellungen bei der Quelle von Wissen</p> <p>(4) NaSiSopSo (NS): Naivere Vorstellungen bei der Einfachheit von Wissen, sophistiziertere Vorstellungen bei der Quelle von Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der intratextuellen Aufgabe schneidet P1 signifikant besser ab als P2 - P4 • Bei der intertextuellen Aufgabe schneidet P1 signifikant besser ab als P3 & P4 (Unterschied zu P2 wird nicht statistisch signifikant)
Scheiter et al. (2009)	<p>N</p> <p>Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)</p>	<p>79</p> <p>Universitätsstudierende (25.05 Jahre (<i>SD</i> = 3.00); <i>m</i> = 34, <i>w</i> = 45)</p>

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
	EB-Instrument	Instrument - Jacobson und Jehng (1999): Sicherheit von Wissen, Wissenserwerb als geordneter Prozess & schnelles Erlernen
	Methode	Clusteranalyse
	Identifizierte Cluster	<p>(C1) Cluster 1 (n = 25): hohes Vorwissen, betrachten Wissenserwerb als langsamen Prozess, positive Bewertung von sowie Freude an Mathematik, motiviert und zufrieden beim Erarbeiten mathematischer Probleme, häufige Anwendung von (meta-)kognitiven Strategien (wie C2), bevorzugen großen Anteil an Instruktion, berichten metakognitiv während des Lernens aktiv zu sein, betrachten Lernen als einen eher geordneten Prozess</p> <p>(C2) Cluster 2 (n = 14): moderates Vorwissen (wie C3), eher fortgeschrittenere Vorstellungen bezüglich Lernen als geordneten bzw. schnellen Wissenserwerb, eher moderate Bewertung von sowie geringe Motivation und Freude an Mathematik, häufige Anwendung von (meta-)kognitiven Strategien (wie C1), berichten metakognitiv während des Lernens aktiv zu sein, stärkste Präferenz von Instruktion</p> <p>(C3) Cluster 3 (n = 19): moderates Vorwissen (wie C2), eher fortgeschrittenere Vorstellungen bezüglich Lernen als geordneten bzw. schnellen Wissenserwerb, eher moderate Bewertung von sowie geringe Motivation und Freude an Mathematik, negative Einstellungen gegenüber Mathematik (wie C5), sind nicht zufrieden beim Erarbeiten mathematischer Probleme, seltene Nutzung (meta-)kognitiver Strategien (fast so selten wie C5)</p> <p>(C4) Cluster 4 (n = 9): eher hohes Vorwissen, eher naivere Vorstellungen bezüglich Sicherheit von Wissen und der Geschwindigkeit von Wissenserwerb, moderate Bewertung von und Motivation für Mathematik, große Freude an Mathematik, fühlen sich sehr zufrieden beim Erarbeiten mathematischer Probleme, keine Unterschiede zu den andern im Einsatz von (meta-)kognitiven Strategien, Präferenz von Instruktion und metakognitiver Aktivität</p> <p>(C5) Cluster 5 (n = 12): geringes Vorwissen, negative Bewertung von und Einstellungen gegenüber Mathematik, keine Freude und kein Gefühl der Zufriedenheit beim Erarbeiten mathematischer Probleme, seltene Nutzung (meta-)kognitiver Strategien, keine klare Präferenz zwischen Instruktion und Materialien, moderate epistemische Überzeugungen</p>
	N	70
	Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)	Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse (13.5 Jahre (<i>SD</i> = 4.77 Monate); w = 38, m = 32)
Mason et al. (2010)	EB-Instrument	Retrospektives Interview zu vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen (Hofer, 2000): Einfachheit/ Komplexität, Sicherheit/ Unsicherheit, Quelle und Rechtfertigung von Wissen
	Methode	Clusteranalyse
	Identifizierte Cluster	<p>(C1) Eher sophistiziertes epistemisches Reflektieren der Einfachheit/ Komplexität von Wissen (10 %)</p> <p>(C2) Eher sophistiziertes epistemisches Reflektieren der Stabilität/ Veränderbarkeit von Wissen (65,7 %)</p>

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
	Charakterisierung der Cluster	<p>(C3) Eher sophistiziertes Reflektieren der Quelle von Wissen (24,3 %)</p> <ul style="list-style-type: none"> • C1 bezogen die Autorität der Quelle und wissenschaftliche Evidenz als Kriterien für die Auswahl von Informationen auf verschiedenen Internetseiten mit ein (mehr als C2 & C3) • C1 unterschied sich signifikant von C2 und C3 in ihrem epistemischen Denken zu Einfachheit/ Komplexität von Wissen; C3 unterschied sich dabei signifikant von C1 & C2 mit seinem geringen Level an Reflexionen über die Einfachheit/ Komplexität von Wissen • C3 bewertete das Wissen über das Aussterben von Dinosauriern als deutlich weniger veränderlich als C1 und C2 • Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Clustern bezüglich der Reflexionen über Quelle und Rechtfertigung von Wissen
Mason et al. (2011)	<p>N</p> <p>Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)</p> <p>EB-Instrument</p> <p>Methode</p> <p>Identifizierte Cluster</p> <p>Charakterisierung der Cluster</p>	<p>64</p> <p>Schülerinnen und Schüler der 13. Klasse (18.6 Jahre ($SD = 0.95$); $w = 33$)</p> <p>Protokolle zum Lauten Denken zu vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen (Hofer, 2000): Einfachheit/ Komplexität, Sicherheit/ Unsicherheit, Quelle und Rechtfertigung von Wissen</p> <p>Clusteranalyse</p> <p>(C1) Bewertung der Glaubwürdigkeit von Quellen und Rechtfertigung von Wissen ($n = 22$): diese SuS reflektierten wenig die Einfachheit/ Komplexität sowie die Stabilität/ Veränderbarkeit von Wissen</p> <p>(C2) Bewertung der Glaubwürdigkeit von Quellen ($n = 31$): diese SuS reflektierten die Rechtfertigung des Wissens überhaupt nicht, sowie wenig die Einfachheit/Komplexität und sehr wenig die Sicherheit/Unsicherheit von Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Signifikanter Unterschied zwischen C1 und C2 bei Rechtfertigung von Wissen • C1 schnitt bei der Lerngelegenheit von Internetquellen besser ab als C2
Chen (2012)	<p>N</p> <p>Stichprobe</p> <p>EB-Instrument</p> <p>Methode</p> <p>Identifizierte Profile</p>	<p>1225</p> <p>Schülerinnen und Schüler der 6., 9. und 10. Klasse</p> <p>Epistemic Belief Scales (Conley et al., 2004, 6-stufige Likert-Skala): Sicherheit, Entwicklung, Quelle und Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens</p> <p>Latente Profilanalyse (LPA)</p> <p>(P1) Das erfolgreiche Profil ($n = 576, 47\%$): sehr geringe Zustimmung zur impliziten Begabungstheorie, sehr hohe Zustimmung zur impliziten Begabungstheorie, hohe/ sophistizierte Werte in allen Dimensionen epist. Überzeugungen</p> <p>(P2) Das fixierte/ sophistizierte Profil ($n = 194, 15,8\%$): ebenfalls sehr hohe/ sophistizierte Werte in allen Dimensionen epist. Überzeugungen, glauben verstärkt an eine fixierte Natur ihrer naturwissenschaftsbezogenen Fähigkeiten</p> <p>(P3) Das Wachstums-/ Passivprofil ($n = 382, 31,2\%$): hohe Zustimmung zur Theorie der wachsenden Fähigkeiten und</p>

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
	Charakterisierung der Profile	<p>lehnten teilweise die Theorie der fixierten Fähigkeiten ab; naivste Vorstellungen zu Quelle und Sicherheit</p> <p>(P4) Das unverbindliche Profil ($n = 73, 6\%$): sehr zögerlich zur impliziten Begabungstheorie oder den epistemischen Überzeugungen eine Position zu beziehen</p> <ul style="list-style-type: none"> Hispano- und afroamerikanische Lernende im Gegenteil zu asiatischen und westlichen Lernenden eher kein Mitglied von P1 & P2, sondern eher in P3/ Schülerinnen eher Mitglied von P2 als Schüler/ Ältere Lernende eher Mitglied von P2 und eher kein Mitglied von P3 <p>(P1) Das erfolgreiche Profil: höchste Werte bei der naturwissenschaftsbezogenen Leistungszielorientierung und den Selbstwirksamkeitserwartungen/ bessere Noten als Lernende anderer Profile</p> <p>(P2) Das fixierte/ sophistische Profil: relative gute Noten (wenn auch geringer als bei P1)/ ebenfalls hohe Werte bei naturwissenschaftsbezogenen Zielorientierungen/ relativ hohe Werte bei der Anstrengungsvermeidungsorientierung</p> <p>(P3) Das Wachstums-/ Passivprofil: relative hohe Leistungszielorientierungen/ Noten in den naturwissenschaftlichen Fächern schlechter als Gesamtdurchschnitt, allerdings besser als bei P4</p> <p>(P4) Das unverbindliche Profil: geringste Zielorientierung im Vergleich mit P1-P3/ höchste Werte bei der Anstrengungsvermeidungsorientierung/ geringste naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen/ schlechteste Noten in den naturwissenschaftlichen Fächern</p>
Ferguson & Bräten (2013)	<p>N</p> <p>Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)</p> <p>EB-Instrument</p> <p>Methode</p> <p>Identifizierte Cluster</p> <p>Charakterisierung der Cluster</p>	<p>65</p> <p>Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse (14.9 Jahre ($SD = .24$); $w = 39$, $m = 25$)</p> <p>Justification for Knowing Questionnaire (JFK-Q) (Ferguson et al. (2013), 10-stufige Likert-Skala): Rechtfertigung durch Autorität (JA), Rechtfertigung durch persönliche Meinung (JPO), Rechtfertigung durch mehrere Quellen (JMS)</p> <p>Clusteranalyse</p> <p>Prä-Cluster:</p> <p>(C1) Cluster 1 ($n = 28$): geringes Wissen/ moderate epistemische Überzeugungen</p> <p>(C2) Cluster 2 ($n = 36$): moderates Wissen/ geringe Werte auf JPO</p> <p>Post-Cluster:</p> <p>(C1) Cluster 1 ($n = 17$): moderates Wissen/ moderate epist. Überzeugungen</p> <p>(C2) Cluster 2 ($n = 24$): hohes Wissen/ geringe Werte auf JPO/ hohe Werte auf JA</p> <p>(C3) Cluster 3 ($n = 24$): hohes Wissen/ geringe Werte auf JPO/ hohe Werte auf JMS</p> <ul style="list-style-type: none"> Prä-C1 hat signifikant geringeres Wissen und signifikant höhere Werte auf JPO als Prä-C2

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
		<ul style="list-style-type: none"> • Prä-C2 schneidet bei der Aufgabe zum Mehrtextverständnis signifikant besser ab als Prä-C1 • Post-C1 hat signifikant geringeres Wissen und signifikant höhere Werte auf JPO als Post-C2 & Post-C3 • Post-C2 äquivalente Werte beim Wissen wie Post-C3, höchste Werte auf JA • Post-C3 signifikant höhere Werte auf JMS als Post-C1 & Post-C2, geringere Werte auf JPO als Post-C2 • Alle drei Cluster unterscheiden sich signifikant voneinander bei der Aufgabe zum Mehrtextverständnis; Post-C3 schneidet besser ab als Post-C1 & Post-C2 und Post-C2 besser als Post-C1
Kampa et al. (2016)	N Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht) EB- Instrument Methode Identifizierte Profile Charakter- isierung der Profile	4995 Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse aus Gymnasien, Gesamt- und Gemeinschaftsschulen (15,48 Jahre ($SD = 0,73$); w = 51,7%) Epistemic Belief Scales (Conley et al., 2004, 4-stufige Likert-Skala): Sicherheit, Entwicklung, Quelle und Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens Latente Profilanalyse (LPA) (P1) Leicht sophistiziertes Profil (41,8 %): Leicht sophistizierte Vorstellungen in allen Dimensionen (knapp über dem Mittelwert der Gesamtstichprobe) (P2) Evidenzbasiertes-dynamisches Profil (11,9 %): höhere Werte bei Rechtfertigung und Entwicklung; geringere Werte bei Quelle und Sicherheit (P3) Multiplizistisches Profil (4,4 %): gegenteiliges Muster von Profil 2, sophistiziertere Vorstellungen/ höhere Werte bei Quelle und Sicherheit; eher naivere Vorstellungen/ geringere Werte bei Rechtfertigung und Entwicklung (P4) Sophistiziertes Profil (41,9 %): hohe Werte in allen vier Dimensionen (P1) Leicht sophistiziertes Profil: zweitgeringste Werte bei naturwissenschaftsbezogener Motivation und Selbstkonzept signifikanter Unterschied zu P2 - P4 (außer bei Motivation Chemie)/ signifikante Unterschiede in der Leistung in den Naturwissenschaften von den anderen Profilen je nach Fach insgesamt bzw. von P3 und P4/ Noten vergleichbar mit P2, signifikanter Unterschied zu P3 und P4/ hoher Anteil weiblicher Lernenden/ durchschnittlicher sozialer Hintergrund/ geringer Anteil an Lernenden aus Gymnasien (P2) Evidenzbasiertes-dynamisches Profil: höchste Werte bei Motivation (bzgl. aller naturwissenschaftlicher Disziplinen) & bei Selbstkonzept Chemie & Physik/ mittelmäßige Leistungen in naturwissenschaftlichen Fächern, signifikanter Unterschied je nach Fach und Art der Leistung immer zu P4, teilweise zu P3 oder P1/ zweitbeste Noten in naturwissenschaftlichen Fächern (vergleichbar mit P1), signifikanter Unterschied zu P3 und P4/ geringer Anteil weiblicher Lernenden/ durchschnittlicher sozialer Hintergrund/ leicht geringer Anteil an Lernenden aus Gymnasien

Autorinnen und Autoren (Jahr)	Überblick über die Studien	
		<p>(P3) Multiplizistisches Profil: geringste Werte bei Motivation & Selbstkonzept verglichen mit allen anderen Profilen/ geringste Werte bei der Leistung in den naturwissenschaftlichen Fächern (signifikanter Unterschied zu P4 und P1 aber nicht immer zu P2/ schlechteste Noten, signifikanter Unterschied zu P1, P2, P4/ niedrigster sozialer Hintergrund/ Profil mit dem geringsten Anteil weiblicher Lernenden und Lernende aus Gymnasien</p> <p>(P4) Sophistiziertes Profil: zweithöchste Werte bei Motivation und Selbstkonzept Chemie & Physik, höchster Wert bei Selbstkonzept Biologie, signifikante Unterschiede zu P3 und je nach Fach auch zu P1, P2/ höchste Leistung und beste Noten in naturwissenschaftlichen Fächern (signifikanter Unterschied zu P1 - P3)/ höchster sozialer Hintergrund/ hoher Anteil weiblicher Lernenden/ hoher Anteil an Lernenden aus Gymnasien</p>
Trevors et al. (2017)	N	246
	Stichprobe (Mittleres Alter; Geschlecht)	Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe (14.09 Jahre ($SD = 0.29$); w = 147, m = 99)
	EB-Instrument	Justification for Knowing Questionnaire (JFK-Q) (Ferguson et al. (2013), 10-stufige Likert-Skala): Rechtfertigung durch Autorität (JA), Rechtfertigung durch persönliche Meinung (JPO), Rechtfertigung durch mehrere Quellen (JMS)
	Methode	Clusteranalyse
	Identifizierte Cluster	<p>(1) C1 (n = 99): moderate Werte in allen drei Dimensionen</p> <p>(2) C2 (n = 53): höchste Werte in allen drei Dimensionen</p> <p>(3) C3 (n = 94): relative hohe Werte in JMS und JA, geringste Werte in JPO</p>
	Charakterisierung der Cluster	<ul style="list-style-type: none"> • C3 hat signifikant bessere Physiknoten als C1 • Keine signifikanten Unterschiede in der Physiknote zwischen C2 und C3 bzw. zwischen C1 und C2 • Alle Cluster schneiden beim Post-Test besser ab als beim Prä-Test • C1 zeigte eine signifikante Verbesserung auf allen Post-Items zu Widersprüchlichkeiten (begründet durch eine Autorität (JA), persönliche Meinung (JPO), mehrere Quellen (JMS)) • C2 zeigte lediglich eine signifikante Verbesserung bei den Post-Items zu Widersprüchen, die durch mehrere Quellen begründet sind • C3 verbesserte sich lediglich bei den Post-Items zu Widersprüchen signifikant, die durch die persönliche Meinung begründet sind • C3 schnitt signifikant besser im Post-Test und im Transfer-Test ab als C1; es konnten keine weiteren signifikanten Unterschiede aufgezeigt werden

III ZIELSETZUNG DER ARBEIT

3 Desiderat

In diesem Kapitel wird, basierend auf den Ausführungen des theoretischen Hintergrunds in Kapitel II, das Desiderat und die Zielsetzung der Arbeit abgeleitet. Den Kontext bildet das Forschungsfeld der Wissenschaftskommunikation und des Science Outreach (siehe Abb. 5). Konkret steht dabei das Schülerlabor als Format der Wissenschaftskommunikation im Fokus, welches aus Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktik bereits vielfach untersucht wurde. Die Ziele dieser Arbeit lassen sich auf die zwei übergeordneten Schwerpunkte *Entwicklung* und *Forschung* aufteilen (*blaue Kästen*, Abb. 5). Im Rahmen der Entwicklung zielt die Arbeit darauf ab, ein Angebot für das Schülerlabor zum Thema Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose zu konzipieren (siehe *weiße Kästen* in Abb 5.), welches den Lernenden ein authentisches Erleben von aktueller Forschung und den dazugehörigen Prozessen und Charakteristika ermöglicht. Das Forschungsvorhaben hat auf übergeordneter Ebene das Ziel, das Format hinsichtlich Effektivität zu untersuchen. Dieses übergreifende Ziel knüpft damit an die Forschungslücke in der Wissenschaftskommunikation an, dass bislang nur wenige empirische Studien zur Evaluierung der einzelnen Formate vorliegen (siehe Abschnitt 1.2; Dernbach et al., 2012; Kappel & Holmen, 2019). Dabei liegt der Forschungsfokus auf epistemischen Überzeugungen, wobei die dazugehörigen theoretischen Grundlagen sowie bisherigen Studien nicht nur die Grundlage für die Forschung innerhalb dieser Arbeit bilden, sondern auch für die Entwicklung des außerschulischen Angebots leitend sind (siehe *gestrichelter Rahmen*, Abb. 5). Ziel ist somit, eine Interventionsstudie zur Adressierung und Untersuchung epistemischer Überzeugungen im Schülerlabor zu konzipieren.

Epistemische Überzeugungen sind in der heutigen Zeit nicht nur aufgrund ihrer Bedeutung für Lernprozesse als Lernvoraussetzung und Lernziel im Kontext Schule relevant (siehe Abschnitt 2.2.2). Weiter wird davon ausgegangen, dass epistemische Überzeugungen den alltäglichen Umgang von Individuen mit Informationen als *intuitive Laien-Wissenschaftstheorien* (Bromme & Kienhues, 2014, S.68) leiten und daher auch insbesondere im Kontext Wissenschaftskommunikation von Relevanz sind (siehe

Abschnitt 2.1). Bromme und Kienhues (2014) empfehlen daher bei der Untersuchung von Wissenschaftskommunikationsformaten über klassische Konstrukte der Lehr-Lern-Forschung hinauszugehen. Mit der Fokussierung auf epistemische Überzeugungen kommt somit auch im Hinblick auf bisherige Schülerlabor-Arbeiten (siehe Abschnitt 1.3) eine neue Perspektive dazu.

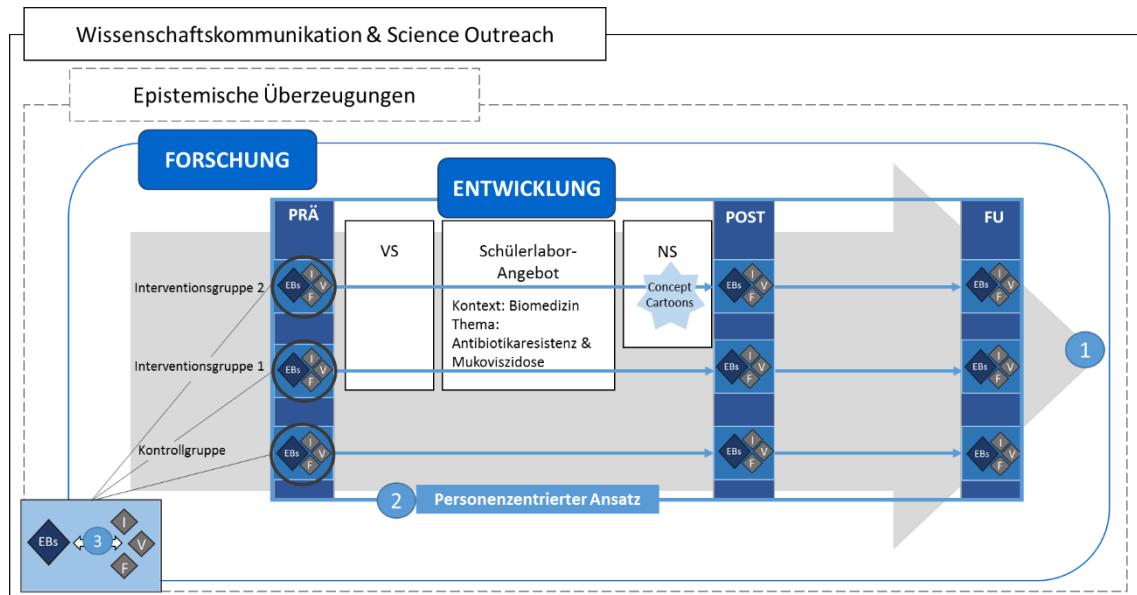


Abbildung 5: Aufbau der Arbeit. Diese Arbeit ist im Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation und Science Outreach zu verorten (*äußerer Rahmen*). Der Fokus der Forschung liegt dabei auf epistemischen Überzeugungen (EBs, *gestrichelter Rahmen*), wobei diese damit auch den Rahmen für die zwei Schwerpunkte (Entwicklung und Forschung, *blaue Kästen*) bilden. Ziel ist zunächst, ein Angebot für das Schülerlabor im Kontext Biomedizin zum Thema Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose zu entwickeln (inkl. Vor- und Nachbereitungsstunde (VS und NS), *weiße Rechtecke*), welches anschließend in einer Interventionsstudie (*grauer Pfeil*) zur Adressierung und Untersuchung epistemischer Überzeugungen evaluiert wurde. Dargestellt sind außerdem die drei Forschungsschwerpunkte (*blaue Kreise mit den Zahlen 1-3*): (1) Wirksamkeit der Intervention, (2) Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln und (3) Untersuchung epistemischer Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess (im Zusammenhang mit dem individuellen Interesse an Biomedizin (I), dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) (V) sowie dem Fachwissen (F). Für ein Explizieren der epistemischen Überzeugungen wurden weiter *Concept Cartoons* als Instruktionsmaßnahme sowie als Erhebungsmethode eingesetzt (*Stern*).

Basierend auf dem TIDE-Modell (*Theory of Integrated Domains in Epistemology*, Muis et al., 2006) kann angenommen werden, dass sich epistemische Überzeugungen im Laufe der Zeit entwickeln und Lerngelegenheiten sowie Erfahrungen in ganz unterschiedlichen Kontexten zu dieser Entwicklung beitragen können (z.B. auch in den verschiedenen Formaten der Wissenschaftskommunikation; siehe Abschnitt 2.3.1). Vor diesem Hintergrund ist es essentiell, zu verstehen, wie sich ein Wandel epistemischer Überzeugungen vollzieht und wodurch Veränderungen induziert werden können. Von

vergleichbarer Wichtigkeit ist es, konkrete Instruktionsmaßnahmen zur Adressierung epistemischer Überzeugungen zu entwickeln und zu testen (u. a. Buehl & Alexander, 2005; Kienhues, 2016; Rosman, 2016), sodass zukünftig Empfehlungen für die Praxis abgeleitet werden können (u. a. Kampa et al., 2016; Schraw, 2001). Das Schülerlabor kann zu diesem Zweck Lerngelegenheiten schaffen, um epistemische Überzeugungen anhand aktueller naturwissenschaftlicher Thematiken zu adressieren und dabei die verschiedenen Teilaspekte epistemischer Überzeugungen zu explizieren (Kremer & Kapitza, 2020). Somit kann Wissenschaftskommunikation einerseits genutzt werden, um epistemische Überzeugungen zu adressieren. Gleichzeitig können Erkenntnisse aus Forschungsarbeiten zu epistemischen Überzeugungen als individuelles Merkmal einer Person einen Beitrag dazu leisten, zielgruppenadäquate Angebote in der Wissenschaftskommunikation konzipieren zu können.

Das empirische Forschungsvorhaben der Arbeit lässt sich wiederum auf drei Forschungsschwerpunkte aufteilen (*Kreise mit den Zahlen 1-3*, Abb. 5), welche im Rahmen der Interventionsstudie untersucht werden: die Wirksamkeit der Intervention (*Forschungsschwerpunkt 1*), eine Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln (*Forschungsschwerpunkt 2*) sowie eine Untersuchung epistemischer Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess (*Forschungsschwerpunkt 3*). Da die wenigen bisher vorhandenen Interventionsstudien kaum auf der Verwendung eines (quasi-) experimentellen Designs (inkl. Kontrollgruppe) basieren (Bendixen, 2016; Kienhues, 2016; Rosman, 2016; siehe auch Abschnitt 2.3.3, Tabelle 1), wird dieses Design in der vorliegenden Studie umgesetzt. Fragen zu längerfristigen Effekten blieben bisher unbeantwortet (Mayer & Rosman, 2016), weshalb ein dritter Messzeitpunkt ca. sechs bis acht Wochen nach der Intervention selbst in die Studie integriert wird (siehe Abb. 5, dunkelblaue Balken). Da im Zusammenhang mit der Erfassung epistemischer Überzeugungen Berichte über zahlreiche Probleme vorliegen (siehe Abschnitt 2.4), wird in Anlehnung an die Empfehlungen von u. a. Bendixen (2016), Bråten et al. (2008), Greene und Yu (2014), Mason (2016) und Muis et al. (2016), eine Kombination aus quantitativen und qualitativen Methoden gewählt. Kienhues et al. (2016) betonen, dass eine Verknüpfung der Forschungsmethoden einen detaillierteren Einblick in Interventionen gewähren kann, da sie Individuen ganz unterschiedlich ansprechen können. In Anlehnung an das TIDE-Modell (siehe Abschnitt 3.3.1) können epistemische

Überzeugungen auf Basis unterschiedlicher Spezifitätsgrade unterschieden werden. Daher werden sie in dieser Arbeit in Anlehnung an die Empfehlungen von u. a. Chen (2012), Hofer (2006b) und Muis et al. (2006) disziplinspezifisch für den Kontext Biomedizin erfasst. So können sich die Lernenden beim Beantworten des Fragebogens konkret auf einen Kontext beziehen, da bekannt ist, dass sich die Antwort je nach Kontext unterscheiden kann (siehe Abschnitt 2.4; siehe Kienhues (2016), Mayer und Rosman (2016)). Durch die Festlegung auf einen Kontext können außerdem die gewünschten Ziele der Intervention adäquater festgelegt werden (Kienhues, 2016; Klopp & Stark, 2016). Obwohl gesundheitsbezogenes Wissen für Lernende aber auch für die gesamte Bevölkerung von großer Bedeutung ist, wurden epistemische Überzeugungen bezüglich der Disziplin Medizin bisher kaum untersucht (Kienhues & Bromme, 2012). Mit der Fokussierung der Biomedizin wird dabei ein Kontext adressiert, welcher darüber hinaus die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Ärztinnen und Ärzten illustrieren kann.

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes 1 wird zunächst die Wirkung der Intervention auf die biomedizinbezogenen epistemischen Überzeugungen, das individuelle Interesse an Biomedizin, das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) bezüglich Biomedizin und das Fachwissen mit Bezug zur außerschulischen Lerneinheit untersucht. Darüber hinaus wird analysiert, welche Wirkung der Projekttag hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung der Lernenden aufweist. Außerdem werden die *Concept Cartoons*, anknüpfend an die in Abschnitt 2.3.4 beschriebenen Arbeiten, hier sowohl als Instruktionsmaßnahme sowie auch als Erhebungsinstrument eingesetzt und untersucht. Bei ersterem wird dabei überprüft, inwiefern ein explizites Thematisieren epistemischer Überzeugungen (u. a. empfohlen von Muis et al., 2006; Rule & Bendixen, 2010) mithilfe von *Concept Cartoons* Lerngelegenheiten schaffen kann, um sich der eigenen Vorstellungen bewusst zu werden oder möglicherweise sogar zugunsten alternativer Vorstellungen zu verwerfen (Mason et al., 2013).

Neben der im vorherigen Abschnitt beschriebenen variablenzentrierten Herangehensweise zur Untersuchung der epistemischen Überzeugungen wird

anschließend, anknüpfend an die Empfehlungen aus der Literatur (u. a. Kampa et al., 2016; Trevors et al., 2017), im Rahmen des Forschungsschwerpunktes 2 ein personenzentrierter Ansatz für die Betrachtung epistemischer Überzeugungen im Verlauf der Intervention angewendet (siehe dafür Abschnitt 2.5). Insbesondere für Interventionsstudien könnte eine Anwendung personenzentrierter Ansätze detailliertere Einblicke in das komplexe Zusammenspiel von epistemischen Überzeugungen und verschiedenen Lerngelegenheiten ermöglichen (Bergman & Magnusson, 1997; Trevors et al., 2017). Somit wird durch diesen Schritt ermöglicht, das Fehlen konkreter Empfehlungen für die Praxis zu adressieren und damit eine Brücke zwischen Theorie und Praxis zu schaffen (Trevors et al., 2017). So könnten beispielsweise Lehrkräfte oder Lehrpersonen an außerschulischen Lernorten darüber informiert werden, welche Profile in Klassen eines bestimmten Alters überwiegend vorkommen und wie diese durch bestimmte Unterstützungsmaßnahmen angesprochen werden können. Weiter wird dabei ein epistemischer Wandel nicht entlang der einzelnen Dimensionen betrachtet, sondern stattdessen eine Veränderung in der Profilzugehörigkeit über den Verlauf der Intervention untersucht (Ferguson et al., 2013; Trevors et al., 2017). Als Erweiterung der Arbeit von Ferguson und Bråten (2013), welche bereits einen personenzentrierten Ansatz in einer Prä-Post-Studie angewandt haben (siehe Abschnitt 2.5), werden mithilfe der latenten Transitionsanalyse die Wahrscheinlichkeiten für die Übergänge zwischen Profilen ermittelt. Diese Methode konnte bereits erfolgreich in anderen Bereichen angewandt werden (Flaig et al., 2018; Flunger et al., 2015; Kam et al., 2016; Schneider & Hardy, 2013; Tuominen-Soini et al., 2011). Ziel ist es dabei, zu prüfen, inwiefern sich Profile epistemischer Überzeugungen pro Messzeitpunkt identifizieren und durch andere lernprozessrelevante Kovariaten (siehe oben) und die qualitativen Daten charakterisieren lassen (Kampa et al., 2016). Außerdem wird untersucht, wie wahrscheinlich ein Wechsel der Profile zwischen den Messzeitpunkten ist (Forschungsschwerpunkt 2: Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln in der Stichprobe). Diese Studie knüpft dabei an Chen (2012) sowie Kampa et al. (2016) an, welche den personenzentrierten Ansatz auf naturwissenschaftsbezogene epistemische Überzeugungen angewendet und in diesem Zusammenhang ebenfalls das Instrument von Conley et al. (2004) verwendet haben.

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes 3 werden epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess untersucht. Bisherige Forschung konnte bereits zeigen, dass epistemische Überzeugungen beispielsweise mit der Wahl der Lernstrategien (Mason & Boscolo, 2004; Urhahne & Hopf, 2004), den Zielorientierungen (Bernholt & Moschner, 2017) und der Lernleistung (Greene et al., 2018) allgemein zusammenhängen (siehe Abschnitt 2.2.2). In dieser Arbeit werden Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen mit anderen lernprozessrelevanten Konstrukten untersucht, zu denen bisher keine oder uneinheitliche empirische Ergebnisse vorliegen (siehe Abschnitt 2.2.2; Kampa et al., 2016). Um den Forderungen aus der Literatur gerecht zu werden, sich der bislang noch ungeklärten, komplexen Beziehung zwischen epistemischen Überzeugungen und Wissen zu widmen, wird in dieser Arbeit der Zusammenhang zwischen dem Fachwissen bezüglich der außerschulischen Lerneinheit und den epistemischen Überzeugungen betrachtet (siehe dafür *"Knowledge and epistemic beliefs: an intimate but complicate relationship"* Bromme et al. (2008)). Darüber hinaus haben bisher wenige Studien den Zusammenhang zwischen dem individuellen Interesse und epistemischen Überzeugungen untersucht (Fujiwara et al., 2012; Urhahne & Hopf, 2004). Da das Interesse insbesondere auch als Einflussfaktor für den Ablauf eines epistemischen Wandels bedeutend sein kann (Kienhues et al., 2016), wird dieser Zusammenhang hier näher analysiert. Da Bromme und Kienhues (2014) bei der Evaluierung von Wissenschaftskommunikationsformaten, wie oben bereits beschrieben, empfehlen, über klassische Konstrukte der Lehr-Lerntheorie und hinauszugehen, wird hier auch der Zusammenhang epistemischer Überzeugungen mit dem Vertrauen der Lernenden in die Wissenschaft(ler/innen) näher betrachtet. Dabei wird ebenfalls analysiert, ob sich die identifizierten Profile hinsichtlich der auftretenden Zusammenhänge unterscheiden. Gleichzeitig wird im Rahmen dieses Forschungsschwerpunktes geprüft, inwiefern sich die Profile zum Prä-Zeitpunkt in den Variablen im Vergleich zum Post-Zeitpunkt unterscheiden. Das in diesem Kapitel ausgeführte Desiderat zeigt den Umfang des Forschungsvorhabens, welches anhand der im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Forschungsfragen und Hypothesen konkretisiert wird.

4 Forschungsfragen und Hypothesen

In diesem Kapitel werden die Forschungsfragen und Hypothesen formuliert, welche sich aus dem zuvor beschriebenen Desiderat ergeben (siehe Kapitel 3). Die Forschungsfragen verteilen sich dabei auf drei Forschungsschwerpunkte: die Wirksamkeit der Intervention (*Forschungsschwerpunkt 1*), die Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln in der Stichprobe (*Forschungsschwerpunkt 2*) und epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess (*Forschungsschwerpunkt 3*).

4.1 Wirksamkeit der Intervention

Dieser Forschungsschwerpunkt zielt darauf ab, die Wirksamkeit der Intervention auf die hier erhobenen lernprozessrelevanten Konstrukte (Fachwissen, Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen), individuelles Interesse) sowie die epistemischen Überzeugungen zu untersuchen. Das Fachwissen bezieht sich dabei auf die außerschulische Lerneinheit, während die anderen Variablen auf den Kontext der Biomedizin bezogen sind. In einem ersten Schritt wird geprüft, inwiefern die Konzeption der Einheit in den verschiedenen Interventionsgruppen positive Wirkungen auf das Fachwissen, das individuelle Interesse und das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) hat (F1a). Dabei soll außerdem untersucht werden, inwiefern möglicherweise auftretende Effekte auch langfristig nach der Intervention noch nachgewiesen werden können (F1b). Gleichzeitig soll die Wirksamkeit des Projekttages bezüglich des situationalen Interesses sowie der kognitiven Belastung analysiert werden (F1c). Darüber hinaus wird zunächst mit einer variablenzentrierten Herangehensweise geprüft, inwiefern ein Explizieren epistemischer Überzeugungen, angeregt durch die Verwendung diskursiv-reflexiver Verfahren (der *Concept Cartoons*), einen epistemischen Wandel induzieren kann (F1d) und inwiefern, sollte ein solcher Effekt auftreten, sich dieser noch sechs bis acht Wochen nach der Intervention zeigt (F1e). Des Weiteren wird explorativ untersucht, welche Teilbereiche biomedizinbezogener epistemischer Überzeugungen mithilfe von *Concept Cartoons* im Vergleich zum Fragebogen erfasst werden können (F1f) und ob mithilfe der *Concept Cartoons* Veränderungen der epistemischen Überzeugungen vor und nach der Gruppendiskussion

verzeichnet werden können (F1g). Somit stellen sich folgende Forschungsfragen in Hinsicht auf die Wirksamkeit der Intervention:

FORSCHUNGSFRAGE 1a: Welche Wirkung zeigt die Konzeption der außerschulischen Lerneinheit in den verschiedenen Interventionsgruppen (1) *implizit* und (2) *explizit* im Vergleich zur Kontrollgruppe hinsichtlich des Erwerbs von Fachwissen, des individuellen Interesses und des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen)?

***Hypothese H_{1a-1}:** Die Intervention wirkt sich positiv auf das Fachwissen der beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe aus. Es ist zu erwarten, dass sich im Mittel zwischen den Messzeitpunkten Prä und Post bei den beiden Interventionsgruppen Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen.*

***Hypothese H_{1a-2}:** Die Intervention wirkt sich positiv auf das individuelle Interesse der beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe aus. Es ist zu erwarten, dass sich im Mittel zwischen den Messzeitpunkten Prä und Post bei den beiden Interventionsgruppen Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen.*

***Hypothese H_{1a-3}:** Die Intervention wirkt sich positiv auf das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) der beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe aus. Es ist zu erwarten, dass sich im Mittel zwischen den Messzeitpunkten Prä und Post bei den beiden Interventionsgruppen Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen.*

FORSCHUNGSFRAGE 1b: Können mögliche Zuwächse bezüglich der oben genannten Variablen auch längere Zeit (sechs bis acht Wochen) nach der außerschulischen Lerneinheit verzeichnet werden?

***Hypothese H_{1b-1}:** Erworbene Zuwächse bezüglich des Fachwissens können auch längere Zeit nach der Teilnahme an der außerschulischen Lerneinheit bei den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe noch verzeichnet werden. Es zeigen sich zwischen dem Prä- und dem Follow-up-Messzeitpunkt immer noch im Mittel Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe.*

Hypothese H_{1b-2} : Positive Wirkungen der Intervention auf das individuelle Interesse zeigen sich auch längere Zeit nach der Teilnahme an der außerschulischen Lerneinheit bei den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Es zeigen sich zwischen dem Prä- und dem Follow-up-Messzeitpunkt immer noch im Mittel Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Hypothese H_{1b-3} : Positive Wirkungen der Intervention auf das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) zeigen sich auch längere Zeit nach der Teilnahme an der außerschulischen Lerneinheit bei den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Es zeigen sich zwischen dem Prä- und dem Follow-up-Messzeitpunkt immer noch im Mittel Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe.

FORSCHUNGSFRAGE 1c: Welche Wirkung zeigt die Konzeption der außerschulischen Lerneinheit in den Interventionsgruppen (1) *implizit* und (2) *explizit* hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung?

FORSCHUNGSFRAGE 1d: Kann über die variablenzentrierte Herangehensweise im Mittel ein Unterschied in den epistemischen Überzeugungen zwischen der Interventionsgruppe mit einer expliziten Reflexion mithilfe der *Concept Cartoons* und der Interventionsgruppe mit einer nur impliziten Reflexion im Vergleich zur Kontrollgruppe verzeichnet werden?

Hypothese H_{1d} : Die Intervention wirkt sich positiv auf die epistemischen Überzeugungen der beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe aus. Es ist dabei zu erwarten, dass sich im Mittel zwischen den Messzeitpunkten Prä und Post bei den beiden Interventionsgruppen Unterschiede verglichen mit der Kontrollgruppe zeigen sowie ebenfalls bei der expliziten Interventionsgruppe (2) im Vergleich zur impliziten Interventionsgruppe (1).

Forschungsfrage 1e: Können mögliche Unterschiede auch längere Zeit (sechs bis acht Wochen) nach der außerschulischen Lerneinheit verzeichnet werden?

***Hypothese H_{1e}:** Positive Auswirkungen der Intervention auf die epistemischen Überzeugungen zeigen sich auch längere Zeit nach der Teilnahme an der außerschulischen Lerneinheit bei den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe und bei der expliziten Interventionsgruppe (2) im Vergleich zur impliziten Interventionsgruppe (1). Es zeigen sich zwischen dem Prä- und dem Follow-up-Messzeitpunkt immer noch im Mittel Unterschiede bei den Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe sowie ebenfalls bei der expliziten Interventionsgruppe (2) im Vergleich zur impliziten Interventionsgruppe (1).*

FORSCHUNGSFRAGE 1f: Welche Teilbereiche epistemischer Überzeugungen lassen sich mithilfe von *Concept Cartoons* im Vergleich zum Fragebogen erfassen?

FORSCHUNGSFRAGE 1g: Lassen sich mithilfe der *Concept Cartoons* Veränderungen der epistemischen Überzeugungen vor und nach der Gruppendiskussion erfassen?

4.2 Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen

Bezüglich des zweiten Forschungsschwerpunktes wird zunächst untersucht, inwiefern sich im Rahmen der Interventionsstudie pro Messzeitpunkt Profile biomedizinbezogener epistemischer Überzeugungen identifizieren lassen (F2a). Es wird anschließend analysiert, wie sich diese durch Kovariaten charakterisieren lassen (F2b). Außerdem werden auffällige Subgruppen (z.B. Risikogruppen) mithilfe der qualitativen Daten näher untersucht (F2c). Letztlich soll geprüft werden, ob Profilwechsel im Verlaufe der Intervention identifiziert werden können (F2d). Dementsprechend stellen sich folgende Forschungsfragen:

FORSCHUNGSFRAGE 2a: Welche Profile epistemischer Überzeugungen lassen sich in der Stichprobe zu den drei Messzeitpunkten identifizieren? Inwiefern lassen sich diese Profile hinsichtlich der Dimensionen epistemischer Überzeugungen charakterisieren?

Hypothese H_{2a}: Zu den drei Messzeitpunkten können jeweils Profile identifiziert werden, welche sich hinsichtlich ihres Ausprägungsgrades in den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen nach Conley et al. (2004) unterscheiden.

FORSCHUNGSFRAGE 2b: Inwiefern unterscheiden sich die Schülerinnen und Schüler der Profile epistemischer Überzeugungen pro Messzeitpunkt hinsichtlich ihrer Note in den naturwissenschaftlichen Fächern, des Alters und der Jahrgangsstufe sowie des individuellen Interesses, des Fachwissens, des Vertrauens in die Wissenschaft (-ler/innen) sowie zum Post- und Follow-up-Zeitpunkt hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung?

Hypothese H_{2b}: Die identifizierten Profile unterscheiden sich pro Messzeitpunkt hinsichtlich ihrer Note in den naturwissenschaftlichen Fächern, des Alters und der Jahrgangsstufe sowie ihres individuellen Interesses, des Fachwissens, des Vertrauens in die Wissenschaft (-ler/innen) sowie zum Post- und Follow-up-Zeitpunkt hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.

FORSCHUNGSFRAGE 2c: Inwiefern können Subgruppen (z.B. Risikogruppen) mithilfe der schriftlichen Äußerungen zu den *Concept Cartoons* und den Diskussionsbeiträgen der Lernenden charakterisiert werden?

FORSCHUNGSFRAGE 2d: Welche Profilwechsel bzw. Transitionen lassen sich zwischen den Messzeitpunkten Prä, Post und Follow-up identifizieren?

Hypothese H_{2d}: Zwischen den Messzeitpunkten Prä, Post und Follow-up können Profilwechsel identifiziert werden. Es ist dabei zu erwarten, dass sich in den beiden Interventionsgruppen mehr Profilwechsel als in der Kontrollgruppe zeigen

sowie mehr Profilwechsel bei der expliziten Interventionsgruppe (2) im Vergleich zur impliziten Interventionsgruppe (1).

4.3 Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess

Im Rahmen des dritten Forschungsschwerpunktes werden epistemische Überzeugungen als individuelles Merkmal der Adressatinnen und Adressaten von Lern- und Wissenschaftskommunikationsprozessen untersucht. Dafür wird zunächst aus variablenzentrierter Perspektive überprüft, inwiefern die einzelnen Dimensionen biomedizinbezogener epistemischer Überzeugungen mit dem fachlichen Vorwissen in Bezug auf die außerschulische Lerneinheit, dem individuellem Interesse und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) in Bezug auf Biomedizin als Disziplin zusammenhängen (F3a). Darüber hinaus wird über eine personenzentrierte Herangehensweise geprüft, inwiefern sich innerhalb der Profile zum Prä-Zeitpunkt unterschiedliche Zusammenhänge mit den hier erhobenen lernprozessrelevanten Konstrukten zeigen (F3b). Des Weiteren wird untersucht, inwiefern sich die Profile zum Prä-Zeitpunkt in diesen Variablen zum Post-Zeitpunkt unterscheiden (F3c). Somit ergeben sich für den dritten Forschungsschwerpunkt folgende Forschungsfragen:

FORSCHUNGSFRAGE 3a: Kann über eine variablenzentrierte Herangehensweise zum Prä-Messzeitpunkt ein Zusammenhang zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem fachlichen Vorwissen, dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) sowie dem individuellen Interesse verzeichnet werden?

Hypothese H_{3a-1} : *Es gibt zum Prä-Messzeitpunkt Zusammenhänge zwischen den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem fachlichen Vorwissen.*

Hypothese H_{3a-2} : *Es gibt zum Prä-Messzeitpunkt Zusammenhänge zwischen den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen).*

Hypothese H_{3a-3} : *Es gibt zum Prä-Messzeitpunkt Zusammenhänge zwischen den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse.*

FORSCHUNGSFRAGE 3b: Unterscheiden sich die Profile hinsichtlich der Zusammenhänge der Dimensionen epistemischer Überzeugungen mit anderen lernprozessrelevanten Konstrukten?

***Hypothese H_{3b-1}:** Die Profile unterscheiden sich hinsichtlich der auftretenden Zusammenhänge zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem fachlichen Vorwissen.*

***Hypothese H_{3b-2}:** Die Profile unterscheiden sich hinsichtlich der auftretenden Zusammenhänge zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen).*

***Hypothese H_{3b-3}:** Die Profile unterscheiden sich hinsichtlich der auftretenden Zusammenhänge zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse.*

FORSCHUNGSFRAGE 3c: Inwiefern unterscheiden sich die zum Prä-Zeitpunkt identifizierten Profile hinsichtlich des Fachwissens, des individuellen Interesses und des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) zum Post-Messzeitpunkt?

***Hypothese H_{3c-1}:** Die zum Prä-Zeitpunkt identifizierten Profile unterscheiden sich am Post-Zeitpunkt hinsichtlich des Fachwissens.*

***Hypothese H_{3c-2}:** Die zum Prä-Zeitpunkt identifizierten Profile unterscheiden sich am Post-Zeitpunkt hinsichtlich des individuellen Interesses.*

***Hypothese H_{3c-3}:** Die zum Prä-Zeitpunkt identifizierten Profile unterscheiden sich am Post-Zeitpunkt hinsichtlich des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen).*

IV ENTWICKLUNG DES SCHÜLERLABORPROGRAMMS

5 Einleitung

Die Entwicklung eines Angebots für ein Format der Wissenschaftskommunikation zu einem gesellschaftlich relevanten Thema ist mit komplexen Kommunikationsanforderungen verbunden (siehe Abschnitt 1.2). Daher wird eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der jeweiligen Fachwissenschaft sowie der (Wissenschafts-)Kommunikations- und Lehr-Lern-Forschung empfohlen (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; Bromme, 2016; Fischhoff, 2013; McKinnon & Vos, 2015; Varner, 2014). Die außerschulische Lerneinheit wurde daher in einem systematischen Co-Design-Prozess in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Wissenschaftlern aus der Fachwissenschaft (*hier: der Evolutionsbiologie und Medizin*) sowie Wissenschaftlerinnen aus der Lehr-Lern-Forschung (*hier: Biologiedidaktik*) in Anlehnung an das *Design-Based-Research*-Modell von McKenney und Reeves (2012) entwickelt. Dieses sieht drei miteinander interagierende Kernphasen des Prozesses vor: *Analyse und Exploration*, *Design und Konstruktion* sowie *Evaluation und Reflexion* (McKenney & Reeves, 2012). Dabei wurden innerhalb des ersten Schrittes *Analyse und Exploration* zunächst Rahmenbedingungen identifiziert und sowohl die fachdidaktischen Grundlagen als auch das fachliche Thema erarbeitet (siehe dafür Kapitel II sowie Kapitel 6). Anschließend wurden von beiden Perspektiven die Kommunikationsziele formuliert, was in den meisten Outreach-Aktivitäten nur selten stattfindet (Phipps, 2010). Im Rahmen der zweiten Phase *Design und Konstruktion* wurden erste Ideen zusammengetragen und gemeinsam diskutiert und ein erster Prototyp für die Einheit erstellt. In der letzten Phase, der *Reflexion und Evaluation*, wurde zunächst eine Reflexion der Einheit nach einer ersten Testung mit vier Schulklassen durchgeführt und das Konzept daraufhin überarbeitet. Anschließend wurde eine empirische Evaluation (siehe Kapitel 8-11) in Bezug auf die Fragestellungen und Ziele durchgeführt, um der Forderung nach einer empirischen Evaluierung von Formaten der Wissenschaftskommunikation hinsichtlich deren Effektivität nachzukommen (u.a. Kappel & Holmen, 2019).

Als fachliches Thema wurde für die außerschulische Lerneinheit Antibiotikaresistenz als ein Thema von hoher gesellschaftlicher und medizinischer Relevanz gewählt (World Health Organization [WHO], 2014), welches auch in den Listen wissenschaftlicher und technologischer Institutionen zu den großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts präsent ist (Fensham, 2012). Darüber hinaus wurden die chronischen bakteriellen Infektionen der Lunge bei der genetischen Erkrankung Mukoviszidose als medizinisch relevantes Beispiel für die Problematik der Resistenzbildung gewählt, da Ärztinnen und Ärzte für deren Behandlung auf Antibiotika angewiesen sind. Themen der Gesundheit und Medizin liefern einen Kontext, um interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der Wissenschaft und insbesondere die direkte Anwendung naturwissenschaftlicher Forschung aufzuzeigen (Zeyer, 2012; Zeyer et al., 2015; Zeyer & Odermatt, 2009). So kann anhand des Themas Antibiotikaresistenz die interdisziplinäre Forschung an der Schnittstelle zwischen Evolutionsbiologie und Medizin erfahrbar gemacht werden, bei der Forschende mit Ärztinnen und Ärzten zusammenarbeiten. Da außerdem unzureichende Bildung als Hauptgrund für eine inadäquate Antibiotikanutzung identifiziert wurde (Levy, 1998), plädieren Schulz und Nakamoto (2012) für eine stärkere Eingliederung des Themas in das Schulcurriculum. Obwohl in der Antibiotikaresistenzkrise Evolution im Zentrum steht, werden evolutionäre Mechanismen bei Therapieentscheidungen bisher selten in den Blick genommen. Für den Unterricht bietet sich dabei die Möglichkeit, auf die Bedeutung der Evolution in Verknüpfung mit der medizinischen Thematik einzugehen und zu verdeutlichen, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aktuell in diesem Zusammenhang versuchen, grundlegende evolutionäre Mechanismen für nachhaltige Behandlungsmethoden zu nutzen (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2017)).

In diesem Kapitel wird das Ergebnis der Entwicklungsarbeit vorgestellt. Dafür wird zunächst in Form einer fachlichen Klärung auf das Thema Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose eingegangen (Kapitel 6). Anschließend wird eine Übersicht der entwickelten Einheit - *Den Resistenzen auf der Spur* - gegeben (Abschnitt 7.1), welche aus einer Vorbereitungsstunde, einem Projekttag im Schülerlabor sowie einer Nachbereitungsstunde besteht. Folgend wird die didaktische Strukturierung der Einheit nähere Betrachtung finden (Abschnitt 7.2).

6 Fachliche Klärung

6.1 Antibiotikaresistenz

6.1.1 Einleitung

Die Entdeckung von Antibiotika gilt als einer der größten wissenschaftlichen und medizinischen Meilensteine des 20. Jahrhunderts (Baker et al., 2018; Carlet et al., 2012; Carvalho & Santos, 2016). Die darauffolgende häufige und oft inadäquate Verwendung von Antibiotika in der Humanmedizin, der Landwirtschaft bzw. der Aquakultur hat jedoch eine Situation herbeigeführt, in der viele Krankheitskeime gegen fast alle vorhandenen Antibiotika resistent geworden sind (Andersson & Hughes, 2014; Carlet et al., 2012). Zur gleichen Zeit stagniert die Entwicklung neuer Antibiotika (Hughes, 2011), sodass in den vergangenen Jahren nur wenige neue Wirkstoffe auf den Markt kamen (Carlet et al., 2012). Dies könnte zur Folge haben, dass eine erfolgreiche Behandlung bakterieller Infektionen (z. B. einer Lungenentzündung) in Zukunft erschwert wird (Carlet et al., 2012). Außerdem sind Antibiotika auch in anderen medizinischen Verfahren, beispielsweise bei Transplantationen oder der Chemotherapie bei Krebserkrankungen, unverzichtbar geworden (Carvalho & Santos, 2016). Eine solche Entwicklung führt daher zu Ungewissheit über die Effektivität der Infektionskontrolle. Der Erfolg hängt davon ab, wie gut die Entwicklung neuer Antibiotika gelingt und setzt die Bereitschaft voraus, aus den Fehlern der Vergangenheit zu lernen (Andersson & Hughes, 2014). Andernfalls könnte sich laut aktueller Prognosen die Anzahl der durch multiresistente Keime bedingten Todesfälle pro Jahr bereits im Jahr 2050 um 10 Millionen Menschen im Vergleich zu heute erhöhen (O'Neill, 2014). Antibiotikaresistenz stellt somit eine große Herausforderung für die Medizin der Zukunft und für die Gesundheit weltweit dar (Roemhild & Schulenburg, 2019; WHO, 2014).

6.1.2 Ökologische Zusammenhänge

Ein Großteil der weltweit genutzten Antibiotika (ca. 20 – 80 %, abhängig von der Antibiotika- Gruppe) gelangt in einer aktiven Form in unsere Umwelt: unter anderem über Urin und Fäkalien, Abwässer aus Krankenhäusern und der Pharmaindustrie oder die Düngung mit Stalldung aus Tierhaltung, in der zuvor Antibiotika verwendet wurden,

wie aus Abbildung 6 entnommen werden kann (u. a. Andersson & Hughes, 2014; Grenni et al., 2018). Heutige Kläranlagen sind nicht dazu in der Lage, Antibiotika aus dem Abwasser zu filtern, sodass diese direkt in umliegende aquatische Ökosysteme geleitet werden (u. a. Homem & Santos, 2011; Kümmerer, 2003). Obwohl Kläranlagen damit, neben den zu Beginn des Abschnitts genannten Primärquellen, die Hauptquelle des Eintrags von Antibiotika und Antibiotikaresistenzgenen in Oberflächenwasser darstellen, gibt es bisher keine Richtlinien auf europäischem Level, welche eine Antibiotikakonzentration für die Abgabe des Wassers aus Kläranlagen an die umliegende Umgebung vorschreiben (Carvalho & Santos, 2016).

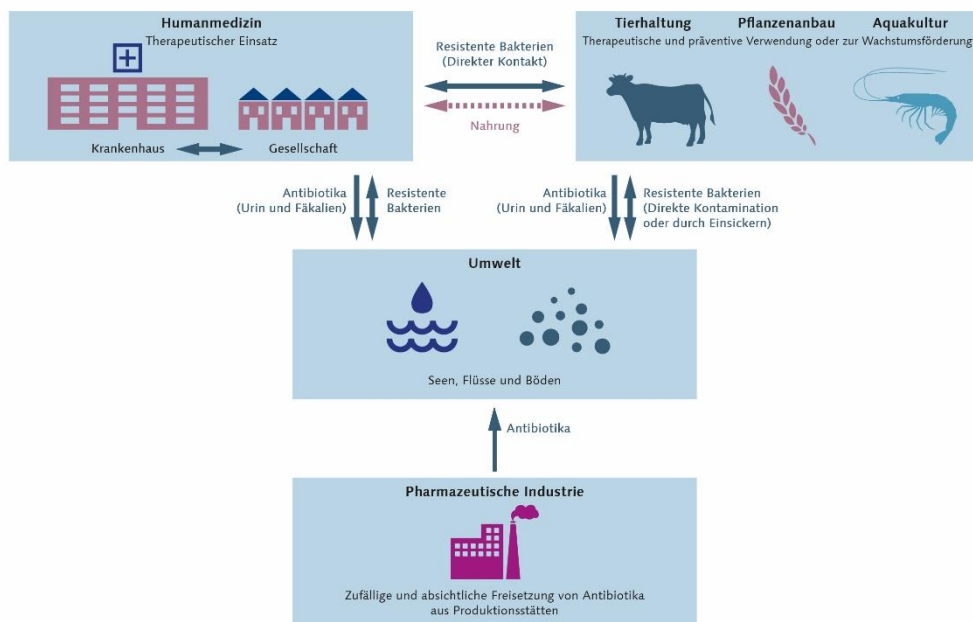


Abbildung 6: Ökologische Zusammenhänge der Antibiotika (verändert und durch die Grafikabteilung am IPN nachgezeichnet nach Andersson und Hughes (2014)). Die Grafik zeigt, wie die Antibiotika zwischen den verschiedenen Settings (Humanmedizin, Tierhaltung und Landwirtschaft, pharmazeutische Industrie und Umwelt) ausgetauscht werden. Dabei gelangt ein Großteil der Antibiotika in aktiver Form in die Umwelt und übt dort einen Selektionsdruck auf die Bakterien aus. Eine Selektion resistenter Stämme kann dadurch begünstigt werden.

Anders als lange Zeit angenommen, sind für die Ausbreitung von Resistenzen nicht ausschließlich jene Antibiotikakonzentrationen bedeutsam, welche die minimale inhibitorische Konzentration (MIC-Wert¹³) überschreiten. So wurde in den letzten

¹³ Der MIC-Wert (*minimal inhibitory concentration*) ist dabei nach Andersson und Hughes (2014) als die geringste Konzentration an Antibiotika definiert, welche unter bestimmten in vitro- bzw. experimentellen Bedingungen ein sichtbares Wachstum der Zielbakterienpopulation verhindert.

Jahren vermehrt darauf hingewiesen, dass selbst Antibiotikakonzentrationen unterhalb des MIC-Wertes, welche in vielen natürlichen Umgebungen (z.B. Abwasser, Flüsse oder Seen) oder in Patientinnen und Patienten und Tieren während der Antibiotikatherapie zu finden sind, die Selektion resistenter Stämme begünstigen können (Andersson & Hughes, 2012, 2014; Wistrand-Yuen et al., 2018).

Im Gegensatz zu Antibiotika, die durch natürliche Prozesse abgebaut werden können, verbleiben Antibiotikaresistenzgene im Allgemeinen deutlich länger in den bakteriellen Populationen (Martinez, 2009) - unter Umständen selbst in Abwesenheit der Antibiotika (Wein et al., 2019). Im Wasser, einem geeigneten Medium für bakterielles Leben, kann dann ein Austausch von Genen zwischen Bakterien unterschiedlicher Herkunft (Mensch, Tier, Umwelt) stattfinden (Baquero et al., 2008). Durch diesen horizontalen Gentransfer (z. B. über mobile genetische Elemente) können Resistenzen auf bisher nicht resistente Bakterienstämme übertragen werden (Baquero et al., 2008; Taylor et al., 2011). Kombiniert mit der schnellen bakteriellen Replikation und der damit möglichen Weitergabe von Resistenzen innerhalb der Bakterienpopulation kann es im Wasser zu einer schnellen Ausbreitung von Resistenzen, sogar über internationale Grenzen hinweg, kommen (u. a. Taylor et al., 2011). Neben den indirekten Einträgen in aquatische Ökosysteme spielen insbesondere die dem Wasser in der Aquakultur direkt zugesetzten Antibiotika eine wichtige Rolle (u. a. Justino et al., 2016). Gleichmaßen trägt der damit zusammenhängende weltweite Handel zu einer Verbreitung der Antibiotikaresistenz zwischen verschiedenen Kontinenten bei (Taylor et al., 2011).

In der Tierhaltung kommen Antibiotika für die Therapie (beim Auftreten von Erkrankungen), Kontrolle (wenn die Zahl der Krankheits- und Todesfälle in einer Herde die Normalwerte übersteigt), Prävention sowie Wachstumsförderung zum Einsatz (National Committee for Clinical Laboratory Standards [NCCLS], 2002). Wenn eine antibiotische Therapie notwendig ist, werden die Antibiotika dem Futter oder dem Wasser beigesetzt. Eine individuelle Therapie ist dabei, insbesondere bei Geflügel, meist nicht möglich (Phillips et al., 2004). Dennoch sind in der Tierhaltung Antibiotika von enormer Bedeutung, da deren Nutzung bei manchen Infektionen die einzige Therapieoption darstellt (Phillips et al., 2004). Die Europäische Union (EU) hat die

Verwendung von Antibiotika zur Wachstumsförderung 2006 verboten (Kemper, 2008), da insbesondere das Beisetzen geringer Dosen das Entstehen und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen begünstigt (Grenni et al., 2018). Dies ist aber längst nicht überall der Fall. Diese Regelung gilt beispielsweise nicht in den USA, Kanada und Asien (Grenni et al., 2018). Ein ungewollter Effekt, der mit dem Verbot in der EU einherging, war der Anstieg in der Nutzung von Antibiotika zu Therapie Zwecken. Diese Auffälligkeit wurde besonders in Dänemark dokumentiert (siehe dafür Phillips et al., 2004). In der Human- sowie Veterinärmedizin kommen bei der Behandlung die gleichen Klassen an Antibiotika zum Einsatz (WHO, 2014). Als Antwort darauf hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 2005 eine Liste an wichtigen Antibiotika erstellt, um jene Antibiotika zu identifizieren, welche aufgrund ihrer hohen Bedeutung der Humanmedizin vorbehalten sein sollten (WHO, 2014).

Somit handelt es sich bei der Antibiotikaresistenz um ein Problem, das politische Grenzen überschreitet. Dies macht einen holistischen und multisektoralen Ansatz notwendig (bekannt als *One Health*), in welchen die verschiedenen betroffenen Bereiche einbezogen werden (u. a. Humanmedizin, Tiermedizin- und Tierhaltung, Umwelt, Forschung und öffentliches Gesundheitswesen (*Public Health*)) (Baker et al., 2018; Taylor et al., 2011; WHO, 2015). An dieser Stelle sei auf die Aufbereitung des Themas für die Sekundarstufe II in Form von Unterrichtsmaterialien für ein Rollenspiel verwiesen (Kapitza et al., 2018).

6.1.3 Evolutionsbiologie - ein neuer Blick auf die medizinische Herausforderung

Selbst wenn die Ansätze zur Entwicklung neuer Antibiotika erfolgreich wären und eine Vielfalt an neuen Antibiotika auf den Markt käme, ist es unwahrscheinlich, dass dies allein die Lösung für die Krise der Antibiotikaresistenz darstellen kann (Barbosa et al., 2018; Jansen et al., 2013; Roemhild et al., 2015). Die Evolution von Resistenzen steht nicht still, wodurch eine zeitnahe Resistenzausbildung in Zusammenhang mit diesen neuen Antibiotika zu erwarten wäre (Barbosa et al., 2018). Um innovative, effizientere sowie nachhaltigere Behandlungsstrategien zu entwickeln und die bereits vorhandenen Antibiotika effektiver nutzen zu können, nehmen aktuelle Forschungsansätze die

evolutionären Mechanismen genauer in den Blick (Baker et al., 2018; Barbosa et al., 2018; Baym et al., 2016; Roemhild et al., 2015; Roemhild & Schulenburg, 2019).

Die klassischen Behandlungsstrategien sehen die Therapie einer Patientin bzw. eines Patienten mit einem einzigen Antibiotikum vor (*Monotherapie*). Obwohl bekannt ist, dass sich dabei schnell eine Resistenz gegen dieses Antibiotikum ausbilden kann, stellt dies auch heute noch immer den medizinischen Standard für die meisten bakteriellen Infektionen dar (Woods & Read, 2015). Auch die Kombination von zwei oder mehr Antibiotika gehört bereits zum klinischen Alltag (Tyers & Wright, 2019), wobei ein unbedachter Einsatz mit anfänglicher Effizienz die Resistenzausbildung verstärken kann und deshalb nur in bestimmten Situationen anzuwenden ist (z. B. bei Mukoviszidose-Patienten oder Tuberkulose) (Barbosa et al., 2018). Ein neuerer Ansatz könnte darin bestehen, Antibiotika mit verschiedenen Zielstrukturen über einen Therapiezeitraum hinweg zu wechseln (Roemhild et al., 2015). Bisher ist dieser Wechsel der Antibiotika hauptsächlich auf der Ebene ganzer Krankenhäuser oder Stationen innerhalb eines Krankenhauses angewendet worden. Mehrere Antibiotika werden dabei in der Patientengruppe eingesetzt (auch bekannt als *mixing*), um die Ausbreitung von Resistenzen innerhalb dieser Patientengruppe zu vermeiden, wobei der Wechsel zwischen den Medikamenten dabei nach einem Monat oder sogar noch größeren Zeitintervallen erfolgte (Roemhild & Schulenburg, 2019). Für die einzelne Person unterscheidet sich die Therapie damit nicht von einer Monotherapie, weshalb Roemhild und Schulenburg (2019) vorschlagen, den Zyklus des Wechsels auf individueller Ebene durchzuführen und die Antibiotika häufiger zu wechseln (z.B. täglich). Den Bakterien bleibt dadurch weniger Zeit für eine Anpassung und eine Resistenzentwicklung während der Behandlung selbst kann verhindert werden (Fuentes-Hernandez et al., 2015; Kim et al., 2014; Roemhild et al., 2015; Roemhild & Schulenburg, 2019; Yoshida et al., 2017). In vielen Fällen unterscheiden sich dabei die Mechanismen der Resistenzbildung gegen das eine Antibiotikum von jenen gegen das andere Antibiotikum, wohingegen in anderen Fällen Mutationen zu einer Kreuzresistenz führen können (Roemhild et al., 2015; Roemhild & Schulenburg, 2019). In ersteren Fällen ist während einer Wechselphase meist nur ein Resistenzmechanismus vorteilhaft und der Selektionsdruck damit pro Phase jeweils ein anderer (Roemhild et al., 2015; Roemhild & Schulenburg, 2019). Da die Resistenzausbildung mit Kosten verbunden ist, ist sie im Vergleich zu sensitiven

Bakterien nur ein Vorteil, solange das Antibiotikum anwesend ist (Andersson & Hughes, 2010).

Generell können solche evolutionären Prozesse mit zwei verschiedenen Arten von Interaktionseffekten zwischen den Antibiotika einhergehen (Barbosa et al., 2017). So kann ein Effekt auftreten, bei dem die Ausbildung einer Resistenz gegen ein bestimmtes Antibiotikum die Erreger gleichzeitig resistent (*Kreuzresistenz*) oder sensibel gegen ein anderes Antibiotikum macht (*kollaterale Sensitivität*, auch negative *Kreuzresistenz*) (Baym et al., 2016; Imamovic & Sommer, 2013; Lázár et al., 2013; Oz et al., 2014; Roemhild & Schulenburg, 2019). Der *Trade-Off*-Effekt der kollateralen Sensitivität wurde erstmal in den 1950ern entdeckt (Szybalski & Bryson, 1952). Nachdem diese Forschungsarbeiten lange Zeit kaum Interesse geweckt haben, wird die Ausnutzung dieses Effekts für die Entwicklung innovativer Strategien aktuell wieder in den Blick genommen und diskutiert (Roemhild & Schulenburg, 2019).

Man unterscheidet eine asymmetrische und eine reziproke Form der kollateralen Sensitivität. Während bei letzterer der Effekt beidseitig auftritt (Anpassung an Antibiotikum A führt zu Sensitivität der Erreger gegen B und umgekehrt), ist bei ersterer der Effekt lediglich einseitig (Anpassung an Antibiotikum A führt zu Sensitivität gegen Antibiotikum B, aber nicht andersherum) (Roemhild et al., 2015). Aktuell gibt es bereits Ansätze, die versuchen, Antibiotikakombinationen zu identifizieren, welche die kollaterale Sensitivität hervorrufen. Ziel ist es, hieran anknüpfend neue strategische Behandlungsempfehlungen aussprechen zu können (Barbosa et al., 2017; Barbosa et al., 2018; Imamovic et al., 2018; Imamovic & Sommer, 2013; Lázár et al., 2014; Nichol et al., 2019; Podnecky et al., 2018; Yen & Papin, 2017; Yoshida et al., 2017). Durch dieses Vorgehen könnten die Anpassungsraten der Bakterien sowie der Selektionsvorteil resistenter Bakterien verringert werden (Baym et al., 2016) und so die Resistenzentwicklung verlangsamt werden (Roemhild et al., 2015).

Solche dynamischen Therapieansätze könnten einen neuen Lösungsweg für die Antibiotikaresistenzkrise darstellen, indem wir die bereits existierenden Antibiotika effektiver einsetzen und folglich auch die Wirkkraft der neu auf den Markt kommenden Antibiotika länger bewahren können (Baker et al., 2018; Roemhild et al., 2015). Oder, um es in Roemhilds und Schulenburgs (2019, S. 43) Worten zu sagen: „*Bacterial*

evolution is highly dynamic. Why should our treatment designs remain as static as in Fleming's time?"

6.2 Mukoviszidose

Bei Mukoviszidose (zystische Fibrose) handelt es sich um eine autosomal-rezessive Stoffwechselerkrankung, die durch die Mutation des *Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator*-Gens (CFTR-Gens) hervorgerufen wird (Riordan et al., 1989), das für den CFTR (Regulator der Transmembranleitfähigkeit bei zystischer Fibrose) kodiert (Elborn, 2016). Dieser reguliert den Anionen-Transport (Cl^- und HCO_3^-) an der Zellmembran (Elborn, 2016). Die Folge der CFTR-Dysfunktion ist eine Störung in allen Organen, in welchen exokrine Drüsen vorliegen (Mutschler et al., 2012; Schwarz, 2013). Dabei ist vor allem die Lunge beeinträchtigt, aber die Dysfunktion hat auch Auswirkungen auf die Leber, die Bauchspeicheldrüse und den Darm. Deshalb wird die Mukoviszidose auch als Multiorganerkrankung bezeichnet (Mutschler et al., 2012; Schwarz, 2013).

In der Lunge führt die CFTR-Dysfunktion zu einer Sekretion dickflüssigen Schleims und einer damit einhergehenden Reduktion des Volumens der Flüssigkeitsschicht (ASL, *Airway Surface Liquid*). Dadurch wird die natürliche Reinigungsfunktion der Atemwege beeinträchtigt (Hull, 2012; Schwarz et al., 2018). Eine Folge dessen sind chronische Infektionen des bronchopulmonalen Systems, welche durch viele verschiedene Bakterien (z.B. *Pseudomonas aeruginosa*) hervorgerufen werden (Lyczak et al., 2002). Dies führt schließlich zu einer lokalen Entzündung der Atemwege sowie einer zunehmenden Zerstörung von Lungengewebe, was eine verminderte Lungenfunktion zur Folge hat (Elborn, 2016).

Die chronischen bakteriellen Infektionen erfordern als eine der wichtigsten Maßnahmen meist eine Langzeitbehandlung mit Antibiotika (Jansen et al., 2016). Dadurch konnte die Lebenserwartung der Mukoviszidose-Patientinnen und -Patienten innerhalb der letzten 50 Jahre auf mittlerweile über 40 Jahre gesteigert werden (Sherrard et al., 2014). Dementsprechend stellt die Ausbildung von Resistenzen für die Therapie der Mukoviszidose eine große Bedrohung dar (Jansen et al., 2016). In diesem

Zusammenhang ist insbesondere der sehr anpassungsfähige und dadurch häufig multiresistente Keim *Pseudomonas aeruginosa* von Bedeutung (Winstanley et al., 2016). Sobald die durch diesen Keim ausgelösten Infektionen chronisch werden, ist er, verstärkt durch seine Fähigkeit, Biofilme zu bilden, kaum noch aus der Lunge zu beseitigen (Winstanley et al., 2016).

Gerade für jene Patientinnen und Patienten, deren Leben von einer erfolgreichen Antibiotikatherapie abhängt (Jansen et al., 2016), ist es essentiell, dass die evolutionären Prozesse bei der Resistenzbildung der Bakterien genauer verstanden werden, um darauf aufbauend nachhaltigere Behandlungsstrategien zu entwickeln (siehe dafür Abschnitt 6.1.3) (Winstanley et al., 2016). Für solch ein Verständnis ist es notwendig, klinische Proben in die Forschungsarbeiten mit einzubinden (Jansen et al., 2016; Winstanley et al., 2016).

7 Außerschulische Unterrichtseinheit - Den Resistenzen auf der Spur

7.1 Übersicht

Die Unterrichtseinheit - *Den Resistenzen auf der Spur* - hat zum Ziel, interdisziplinäre Forschung an der Schnittstelle zwischen Evolutionsbiologie und Medizin für Schülerinnen und Schüler der 9., 10. und 11. Klasse erfahrbar zu machen. Um ein authentisches Bild von der biomedizinischen Wissenschaft zu vermitteln, soll die Einheit:

- (1) aufzeigen, wie naturwissenschaftliches Wissen gerechtfertigt wird (u.a. Rolle von Experimenten; Dimension epistemischer Überzeugungen: *Rechtfertigung von biomedizinischem Wissen*);
- (2) verdeutlichen, dass naturwissenschaftliches Wissen bzw. der aktuelle Wissensstand in der medizinischen Praxis sich durch den Gewinn neuer Erkenntnisse verändern kann (Dimension epistemischer Überzeugungen: *Entwicklung von biomedizinischem Wissen*);
- (3) die Rolle von Autoritäten in diesem Bereich beleuchten (blindes Vertrauen vs. reflektiertes Vertrauen, Dimension epistemischer Überzeugungen: *Quelle von biomedizinischem Wissen*);
- (4) und schließlich zur Diskussion stellen, dass nicht jede Frage in den Naturwissenschaften genau eine richtige Antwort hat (Dimension epistemischer Überzeugungen: *Sicherheit von biomedizinischem Wissen*).

Die Einheit beinhaltet neben dem Projekttag im Schülerlabor der Kieler Forschungswerkstatt¹⁴ eine Vor- und Nachbereitungsstunde, welche jeweils in der Schule durchgeführt wurde (siehe Falk et al. (1978) für die Empfehlung einer curricularen Einbettung des Schülerlabor-Besuches).

Mithilfe der *Vorbereitungsstunde* haben die Schülerinnen und Schüler zunächst eine Einführung in das Thema *Antibiotikaresistenz* erhalten. Zu Beginn der Stunde wurde den Lernenden mitgeteilt, dass sie im Rahmen dieser Unterrichtseinheit in die Rolle von Ärztinnen und Ärzten schlüpfen und zwei Mukoviszidose- Patientinnen und -Patienten antibiotisch therapieren werden. Deshalb zielten sowohl die Vorbereitungsstunde als auch die ersten zwei Phasen des Projekttags darauf ab, die Schülerinnen und Schüler auf

¹⁴ Für Informationen zur Kieler Forschungswerkstatt siehe auch [http:// www.forschungs-werkstatt.de](http://www.forschungs-werkstatt.de).

diese Aufgabe vorzubereiten. Im Rahmen der Vorbereitungsstunde erarbeiteten sie sich verschiedene Aspekte des Themas Antibiotikaresistenz in Form eines Gruppenpuzzles anhand von drei Texten mit den Themen: „*Vielfältiger Einsatz - ohne Folgen?*“, „*Vom Wundermittel zur globalen Krise?*“ und „*Evolutionäre Brille - ein neuer Blick auf die Krise?*“. In diesen Texten wurde neben der inadäquaten Nutzung von Antibiotika in den vergangenen Jahrzehnten auch die Veränderung in der Wahrnehmung vom Wundermittel bis hin zur Problematik der Antibiotikaresistenz zusammen mit neuen evolutionären Ansätzen zur Lösungsfindung thematisiert.

Mit diesem Vorwissen kamen die Lernenden anschließend zum *Projekttag*, der im life:labor der Kieler Forschungswerkstatt stattgefunden hat. Der Projekttag begann mit einem *Einführungsfilm*, der gemeinsam mit der Lungenärztin Dr. Ingrid Bobis, damalige Leiterin des Mukoviszidose-Zentrums für Erwachsene des



Abbildung 7: Ein Ausschnitt aus dem Einführungsfilm. Dr. Ingrid Bobis erklärt hier den Unterschied zwischen dem Röntgenbild der Lunge eines Mukoviszidose-Patienten (links) und einer gesunden Person (rechts). Sie erklärt, dass die weißen Stellen Bereiche von zerstörtem Lungengewebe sind.

Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (UKSH), gedreht wurde. Mit diesem Film sollten die Schülerinnen und Schüler an das Forschungsfeld der Biomedizin herangeführt werden. Zu diesem Zweck erklärte Frau Dr. Bobis den Lernenden im Film, was die Erkrankung Mukoviszidose ist und wie die Patientinnen und Patienten behandelt werden. Des Weiteren ermöglichte der Film

das Kennenlernen einer Patientin, die bereits eine Lungentransplantation gehabt hat, sowie eines Patienten, der ungefähr im gleichen Alter der Lernenden war. Außerdem wurden Röntgenbilder (siehe Abb. 7) sowie Bronchoskopieaufnahmen der Lunge gezeigt und erläutert. Nach diesem Einblick in die medizinische Praxis erklärte Dr. med. Leif Tüffers, Evolutionsbiologe und Mediziner an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, im Film wie seine Forschung an dieser Schnittstelle zum Thema Antibiotikaresistenz bei der Erkrankung Mukoviszidose aussieht.

Nach dieser Einführung folgte zur weiteren Vorbereitung auf die Behandlung ein *mikrobiologischer Methodenkurs*, in dem die Lernenden eigenständig zwei grundlegende mikrobiologische Techniken durchführten: die Kolonieisolation und den Kirby-Bauer-Test (siehe Abb. 8). Mittels der Ausstreichtechnik im Rahmen der Kolonieisolation können dabei zunächst Reinkulturen isoliert und gewonnen werden. Anschließend kann mittels des Kirby-Bauer-Tests überprüft werden, gegen welche Antibiotika die Erreger einer Patientin bzw. eines Patienten resistent bzw. sensibel sind. Letzterer findet auch heute noch in der medizinischen Praxis Anwendung. Aufgrund der langen Inkubationszeit dieser beiden Methoden (24 - 48 h) wurden im Entwicklungsprozess der Einheit Zeitraffer-Videos erstellt, die es den Lernenden am Projekttag ermöglichten, zu beobachten, was in diesem Zeitraum auf den Agarplatten passiert.



Abbildung 8: Ein Einblick in den mikrobiologischen Methodenkurs. Ein Schüler führt den Kirby-Bauer-Test durch. Zuvor haben sie bereits die Methode der Kolonieisolation kennengelernt.

Nach diesen beiden ersten Phasen sollten die Schülerinnen und Schüler dann die Behandlung der zwei fiktiven Patienten Lilly Benthau und Bjarne Preßler, d.h. die



Abbildung 9: Ein Ausschnitt aus der Behandlung mit dem digitalen Behandlungstool. Hier werten die Lernenden gerade den Kirby-Bauer-Test von dem Patienten an dem jeweiligen Tag aus. Dafür nutzen sie das Lineal, welches per Touch bewegt werden kann, um den Hemmhofdurchmesser zu bestimmen.

Aufgabe der Ärztin Dr. Ingrid Bobis, mithilfe eines digitalen Tools übernehmen. Dies ermöglichte eine Simulation der Behandlung, wobei die Lernenden auf Resistenzen reagieren und darauf aufbauend Entscheidungen für den weiteren Therapieverlauf treffen mussten (siehe Abb. 9 und 10). Die beiden Fallbeispiele wurden auf der Grundlage von anonymisierten Patientendaten konzipiert. Das Szenario, mit dem die Lernenden in die Behandlung starteten, lässt sich wie folgt beschreiben:

Die Patientin Lilly Benthau (19 Jahre alt) und der Patient Bjarne Preßler (35 Jahre alt),


welche sich in Krankheitsstadien und Therapiebedürfnissen unterscheiden, erscheinen zur regelmäßigen Antibiotikatherapie. Akute Symptomverschlechterungen sind bei den beiden zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorhanden. Auf der Startseite des digitalen Tools werden zunächst die Patientin und der Patient vorgestellt (u.a. Name, Alter, Begleiterkrankungen). Es wird außerdem der Ablauf der Behandlung beschrieben. Die Schülerinnen und Schüler

Lilly Benthaus: Tag 0 Aufnahme

Laborwerte
Lungenfunktion
Mikrobiologischer Befund
Kirby-Bauer-Test
Patientengespräch
Tagesbericht

Lungenfunktion

Im Folgenden schauen wir uns die Untersuchung von Sauerstoffaufnahme, Atemvolumina und Bronchialsystem mit Hilfe verschiedener Geräte an. Da diese Werte stark vom Patienten abhängen (Alter, Geschlecht, Größe), gibt es keine allgemeingültigen Normalwerte. Stattdessen wird angegeben, wie nah die Ergebnisse am Erwartungswert des individuellen Patienten sind. Dabei gelten Werte zwischen 80 und 100% als normal. Für die routinemäßige Erfassung der Lungenfunktion bei Mukoviszidose sind zwei Werte besonders wichtig:



Vitalkapazität (VC) -

Das Luftvolumen zwischen der tiefstmöglichen Ein- und Ausatemung, also der größte Atemzug, den die Patientin/ der Patient machen kann. Der Wert weist auf eine eventuelle Einschränkung des Lungenvolumens hin, gibt aber keine Information über die Ursache. Der Wert kann bei fortgeschrittener Zerstörung der Lunge durch Rauchen oder Infektion verändert sein.

Forcierte Einsekundenkapazität (FEV₁) +

Du findest hier die Lungenfunktionswerte von Lilly Benthaus bei der Aufnahme an Tag 0. Der Normbereich liegt bei 80-100%. Kreuze an, ob Lilly's Werte als auffällig zu bewerten sind.

Lungenfunktion (Normalbereich 80 – 100%)

Parameter	Aufnahme	% der Norm	auffällig
VC	3,60 L	92	<input type="checkbox"/>
FEV ₁	2,53 L	69	<input type="checkbox"/>

Mikrobiologischer Befund

Abbildung 10: Ein Einblick in das digitale Behandlungstool.

Zu sehen sind die Karteikarten an Tag 0 bei der Aufnahme von Lilly Benthaus zu ihren Laborwerten, der Lungenfunktion (siehe Ausschnitt), dem mikrobiologischen Befund, dem Kirby-Bauer-Test und dem Patientengespräch. Die Lernenden können die Karteikarten anklicken und anhand dieser gesammelten Informationen eine Entscheidung für die Behandlung treffen (Tagesbericht).

konnten die beiden am Tag der Aufnahme, an Tag 5 sowie an Tag 10 hinsichtlich verschiedener Parameter untersuchen, wobei zu jedem Parameter eine Erklärung per Mausklick ausgewählt werden konnte¹⁵ (siehe Abb. 10). Dazu gehören ein *Patientengespräch* (u. a. aktueller Zustand, Stärke der Symptome, körperliche Belastbarkeit), *Werte der Laboruntersuchung* (Blut- und Entzündungsparameter sowie weitere Standardwerte wie Leukozytenzahl, C-reaktives Protein, Erythrozyten, Thrombozyten, Natrium, Kalium, Blutzucker, O₂-Sättigung), *Werte der mikrobiologischen Untersuchung* (Erregerbestimmung, Keimzahl, Resistenzniveaus) sowie *Werte der Lungenfunktion* (Vitalkapazität, forcierte Einsekundenkapazität). Die Therapie sah eine Antibiotikagabe für die ersten fünf Tage bei der Aufnahme sowie erneut für die folgenden fünf Tage ab Tag 5 vor. Die Therapieoptionen bestanden dabei

¹⁵ Eine Tabelle mit den Erklärungen der Parameter befindet sich im Anhang B.

aus den Antibiotika Ciprofloxacin, Gentamicin und Meropenem¹⁶, welche jeweils intravenös und hier in Form einer Monotherapie verabreicht werden konnten. Kombinationstherapien wurden am Projekttag zwar in der Diskussion mit Dr. Leif Tüffers besprochen, wurden aber im Rahmen des Tools aufgrund der steigenden Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten nicht zugelassen. Welches Antibiotikum verabreicht wurde, wurde dabei von den Lernenden selbst anhand der ihnen vorliegenden Informationen entschieden. Je nachdem, wie sie sich entschieden, wurden sie durch das digitale Tool zu unterschiedlichen Behandlungsergebnissen am kommenden Tag weitergeleitet, sodass die Auswirkungen der Antibiotikagabe am jeweils folgenden Therapietag direkt beobachtet werden konnten. An Tag 5 erfolgte eine Kontrolle der Werte (insbesondere der Resistenzniveaus¹⁷ (siehe Abb. 9)) und damit eine Reflexion der Antibiotikaauswahl mit der Möglichkeit, auf ein anderes Antibiotikum zu wechseln. An Tag 10 wurde die Therapie beendet und der allgemeine Erfolg der Behandlung durch den Vergleich der unterschiedlichen Parameter im Therapieverlauf bestimmt. Dabei zeigten sich bei der Patientin und dem Patienten unterschiedliche Phänomene bzw. Probleme im Therapieverlauf. Während sich bei Lilly Benthous durch einen Wechsel des Antibiotikums im Therapieverlauf der Effekt der kollateralen Sensitivität zeigte (siehe dafür auch Abschnitt 6.1.3), ergaben sich in der Therapie von Bjarne Preßler Schwierigkeiten durch Multiresistenz. Darüber hinaus wurden die Schülerinnen und Schüler über den Behandlungsverlauf im Rahmen des digitalen Tools mit aktuellen Erkenntnissen aus der evolutionsbiologischen Forschung konfrontiert (u. a. dem Effekt der kollateralen Sensitivität) und kamen somit direkt mit dem Thema der Antibiotikaresistenz in Berührung.

Die Schülerinnen und Schüler wurden am Projekttag darauf hingewiesen, dass es bei der Behandlung kein richtig oder falsch gibt bzw. *die eine* Therapie nicht existiert. Stattdessen sollte angestrebt werden, die Drehpunkte der aktuellen medizinischen Praxis zu finden, an denen gegenwärtige Forschung ansetzen kann.

¹⁶Diese drei Antibiotika wurden aus der Liste der Antibiotika, die für die Behandlung von Mukoviszidose-Patienten vorgesehen sind (siehe dafür die S3- Leitlinie zur Lungenerkrankung bei Mukoviszidose (Schwarz et al., 2018, S. 359)), ausgewählt, um den Rahmen der Behandlungsmöglichkeiten einzugrenzen.

¹⁷ Für die Wahl der Grenzwerte wurde auf die vorgeschlagenen Werte von *The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing* (2015) zurückgegriffen.

Nach Abschluss der Therapie von Lilly und Bjarne erhielten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, ihren Behandlungsverlauf, etwaige Probleme sowie offene Fragen für die Diskussion mit Dr. Leif Tüffers auf einem Plakat vorzubereiten (siehe Abb. 11). Auch durch dieses Treffen konnten Schülerinnen und Schüler erleben, wie Medizin und Evolutionsbiologie zusammenarbeiten. Dies entspricht den real existierenden Verhältnissen, da auch aktuell Medizinerinnen und Mediziner mit Forschenden aus der Evolutionsbiologie gemeinsam an Lösungsansätzen für die



Abbildung 11: Ein Einblick in die Diskussion mit Dr. Leif Tüffers. Nachdem die Schülerinnen und Schüler eigenständig Lilly Benthaus und Bjarne Preßler behandelt haben, präsentieren sie ihre Behandlungsverläufe sowie auch offene Fragen oder Probleme im Plenum und diskutieren die Therapieverläufe gemeinsam mit dem Evolutionsbiologen und Mediziner Dr. Leif Tüffers.

Problematik der Antibiotikaresistenz in der Mukoviszidose-Therapie arbeiten. Darüber hinaus wird vielfach in der Literatur darauf hingewiesen, dass Diskussionen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern dieser Art zur Authentizität der Lerngelegenheiten beitragen sowie das Interesse der Lernenden steigern. Auch kann ihre Sicht auf diese sowie das Berufsfeld im Allgemeinen positiv beeinflusst werden (Braund & Reiss, 2006; Laherto et al., 2018; Woods-Townsend et al., 2015).

Die Diskussion wurde im Rahmen der Studie mittels eines Leitfadens durchgeführt, um zu gewährleisten, dass sich die Diskussionen der einzelnen Klassen nicht unterscheiden. Dabei wurden die Behandlungen besprochen, gängige medizinische Standards reflektiert sowie *implizit* epistemische Überzeugungen adressiert. Implizit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Kernaspekte der Dimensionen epistemischer Überzeugungen in Verknüpfung mit den fachlichen Inhalten angesprochen wurden. Um die Dimensionen Rechtfertigung und Entwicklung von Wissen implizit anzusprechen, wurde auf den aktuellen evolutionsbiologischen Ansatz der kollateralen Sensitivität eingegangen. Bezüglich der Rechtfertigung wurde der Frage nachgegangen, was man als Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler tun müsste, um den gegenwärtigen medizinischen Standard durch diesen aktuellen evolutionsbiologischen Ansatz der Wechseltherapie zu ersetzen, wobei die Rolle des Experiments und der

Aufbau einer klinischen Studie thematisiert wurden. Bezüglich der Dimension Entwicklung wurde thematisiert, dass neue Erkenntnisse dazu führen können, dass sich, genügend experimentelle Nachweise vorausgesetzt, das gegenwärtige Wissen (in diesem Fall: der medizinische Standard bei der Behandlung) ändert. Bei der Dimension Rechtfertigung wurde darüber hinaus auch die Bedeutung von Neugier und Kreativität anhand der Situation von Bjarne Preßler am letzten Behandlungstag bzw. anhand der multiresistenten Keime angesprochen.

Auf dieser Situation basierend wurde die Frage aufgeworfen, wie man als Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler zu neuen Ansätzen für eine Therapieweiterentwicklung kommen kann. Leif Tüffers machte dabei deutlich, dass neben kreativen neuen Ideen auch das kritische Hinterfragen des gegenwärtigen Wissensstandes von Bedeutung ist. Weiterhin sollte transparent gemacht werden, dass die meisten Therapien, Medikamente und Operationen, die heute Standard sind, diesen Prozess der Ideenfindung durchlaufen haben. Die Dimension Quelle wurde mit einem Szenario im Rahmen der Behandlung angesprochen, bei der die Patientin Lilly Benthau zur nächsten Ambulanz erscheint. Sie weigert sich, das Antibiotikum Gentamicin weiterhin einzunehmen, da sie im Internet gelesen hatte, dass es schwere Nebenwirkungen hat. Die Lernenden wurden gefragt, wie sie als Ärztinnen und Ärzte mit dieser Problemsituation umgehen würden. Dabei wurde zum einen thematisiert, dass eine gemeinsame Entscheidungsfindung zwischen Ärztin bzw. Arzt und Patientin bzw. Patient angestrebt wird und damit eine aktive Auseinandersetzung der Patientinnen und Patienten mit ihrer Erkrankung gewünscht ist und gefördert werden soll. Des Weiteren wurde aber auch die Vertrauenswürdigkeit der Quelle diskutiert, aus der die Patientin ihre Informationen bezogen hat.

Bezüglich der Dimension Sicherheit wurde schließlich die Zuverlässigkeit des Kirby-Bauer-Tests thematisiert. Lernende sollten dabei sehen, dass das Phänomen der Resistenzentwicklung ein komplexer Prozess ist und die Einteilung in resistent und sensibel eine starke Vereinfachung darstellt. Es wäre also ein Szenario denkbar, dass beim zweiten Durchführen eine kleine Abweichung des Messwertes zu einer Veränderung der Klassifizierung in resistent und sensibel führen würde. Weiterhin wurde transparent gemacht, dass medizinische Tests - ebenso wie biologische

Experimente - Fehler, Messungenauigkeiten oder durch biologische Variation hervorgerufene Abweichungen aufweisen können. Folglich kann kein Test zu 100 Prozent korrekt sein.

In der *Nachbereitungsstunde* erfolgte eine explizite Thematisierung der Dimensionen epistemischer Überzeugungen durch die Verwendung von *Concept Cartoons*, da dies für ein Adressieren epistemischer Überzeugungen empfohlen wird. Außerdem hat sich auch bei *Nature of Science*-Interventionen gezeigt, dass eine implizite Thematisierung allein nicht ausreicht (Allchin, 2011; Çil, 2014; Muis et al., 2006). Dafür wurde zu jeder Dimension epistemischer Überzeugungen ein *Concept Cartoon* entwickelt, in dem jeweils

eine Person die naivere Vorstellung vertritt und eine andere Person die fortgeschrittenere (siehe Abb. 12). Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten während der Nachbereitungsstunde mit diesen *Concept Cartoons* im *Think-Pair-Share* Format (Lyman, 1981). Die Arbeitsblätter inkl. der vier verschiedenen *Concept Cartoons* befinden sich im Anhang C. Für eine detailliertere Schilderung der Einheit



Abbildung 12: Der Concept Cartoon zur Dimension Entwicklung des Wissens. Für die explizite Thematisierung wurden *Concept Cartoons* als Lernunterstützung verwendet. Dabei gibt es zu jeder Dimension epistemischer Überzeugungen einen derartigen Cartoon, bei welchem eine Person die naivere (hier rechts) und eine die fortgeschrittenere Vorstellung (hier links) vertritt.

sei auf Kapitza et al. (2020) verwiesen. Alle Materialien sind außerdem unter <http://antibiotika.kisoc.de> verfügbar.

7.2 Didaktische Strukturierung

Die Einheit wurde in Anlehnung an das Modell epistemischen Wandels von Bendixen und Rule (2004) bzw. Rule und Bendixen (2010) konzipiert (für eine detailliertere Beschreibung des Modells siehe Abschnitt 2.3.2). Diesem zufolge basiert der epistemische Wandel auf drei miteinander zusammenhängenden Komponenten: dem epistemischen Zweifel, der epistemischen Volition und den Lösungsstrategien (u.a. Reflexion und soziale Interaktion). Darüber hinaus nehmen Bendixen und Rule (2004)

zwei Bedingungen für den Wandel an: Dissonanz und persönliche Relevanz. Um einen epistemischen Wandel hervorzurufen und die theoretischen Annahmen aus dem Modell umzusetzen, wurde damit begonnen, den Schülerinnen und Schülern das Ziel dieser Einheit bewusst zu machen, nämlich dass sie in der Rolle von Ärztinnen und Ärzten eine antibiotische Therapie für zwei Mukoviszidose-Patientinnen und -Patienten konzipieren sollen. Nachdem sie sich in der Einführungsstunde bereits in die Problematik der Antibiotikaresistenzkrise eingearbeitet hatten, wurden sie zu Beginn des Projekttags insbesondere durch den Einführungsfilm weiter in ihre Rolle als Ärztinnen bzw. Ärzte eingeführt. Dadurch sollte die persönliche Relevanz bzw. emotionale Involviertheit in die Thematik hergestellt werden. Des Weiteren lernten die Schülerinnen und Schüler im Behandlungsprozess aktuelle evolutionsbiologische Forschungsansätze kennen, welche dazu anregen sollten, den aktuellen medizinischen Standard zu hinterfragen. Dadurch sollte bei den Schülerinnen und Schülern in der Rolle der Ärztinnen bzw. Ärzte eine Dissonanz hervorgerufen werden.

Basierend auf diesen zwei Bedingungen ist es nun nach Bendixen und Rule (2004) essentiell, dass ein epistemischer Zweifel hervorgerufen wird. Unter anderem Muis et al. (2006) sowie Rosman (2016) weisen in diesem Zusammenhang auf die Notwendigkeit hin, dass sich die Schülerinnen und Schüler ihrer Vorstellungen explizit bewusst werden müssen. Es gilt zu gewährleisten, dass sie ihre eigenen Vorstellungen bewusst reflektieren und hinterfragen (solche Hinweise finden sich auch in der *Nature of Science*-Literatur z.B. bei Allchin (2011) oder Çil (2014)). Um diesem Anspruch gerecht zu werden, wurden *Concept Cartoons* in der Nachbereitungsstunde als Lernunterstützung zur Erzeugung eines epistemischen Zweifels ausgewählt. Die *Concept Cartoons* sollten verdeutlichen, dass es keine richtigen und falschen Antworten gibt und es den Lernenden erleichtern, ihren eigenen Standpunkt zu artikulieren (Anschütz, 2012). So konnte beispielsweise Çil (2014) durch die Verwendung von *Concept Cartoons* einen Vorstellungswechsel bei *Nature of Science*-Aspekten bewirken.

Es wurde weiter angenommen, dass durch die Erfahrungen aus dem Projekttag außerdem die Bereitschaft zur Veränderung der eigenen Vorstellungen erzeugt wird (epistemische Volition). Die zwei damit adressierten Komponenten sollten dann in der Nachbereitungsstunde durch die Lösungsstrategien (Reflexion und soziale Interaktion)

im *Think-Pair-Share*-Format bzw. durch die Gruppendiskussionen weiter unterstützt werden. Insbesondere der sozialen Interaktion wird dabei eine wichtige Bedeutung zugemessen, da die Konfrontation mit neuen alternativen Sichtweisen auch im Alltag häufig über den sozialen Austausch und die dabei stattfindenden Aushandlungsprozesse erfolgt (z. B. mit Freundinnen und Freunden oder in der Schule) (Bendixen, 2002; Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014; Rosman, 2016). Insbesondere dann, wenn die Sichtweisen der Lernenden nicht übereinstimmen, die Standpunkte der Mitschülerinnen und Mitschüler in Frage gestellt werden oder es den eigenen Standpunkt zu verteidigen gilt, kann ein Wechsel der eigenen Vorstellungen initiiert werden (Chin & Teou, 2009; Çil, 2014; Naylor & Keogh, 2013; Naylor et al., 2007). Korrespondierende Hinweise finden sich auch in der *Conceptual Change*-Literatur (u. a. Schraw, 2001; Southerland et al., 2001).

Durch die Verwendung der *Think-Pair-Share*-Methode (Lyman, 1981) sollte dementsprechend dieser Prozess nachgestellt werden. Des Weiteren argumentieren auch Arnold et al. (2016) dafür, dass die Effektivität des *Concept Cartoon*-Einsatzes durch die Nutzung der *Think-Pair-Share*-Methode weiter gesteigert werden könne. Dafür wurden Arbeitsblätter mit den *Concept Cartoons* konzipiert, welche neben instruktionalen Hinweisen (in Anlehnung an Taşlıdere, 2013) Notizfelder enthielten, die es den Lernenden ermöglichten, sowohl in der einleitenden Einzelarbeitsphase als auch im Anschluss an die Partner- bzw. Gruppenarbeit im zweiten Feld der Meinungsäußerung ihre (möglicherweise) veränderten Vorstellungen sowie eine Begründung für ihren Standpunkt festzuhalten. Durch die Aufforderung, die eigene Meinung zu notieren, sollte in Anlehnung an Rosman (2016) sowie Chin und Teou (2009) sichergestellt werden, dass die Lernenden auch wirklich ihre eigenen Vorstellungen reflektieren und zum konkreteren Ausformulieren und Herausarbeiten ihrer Vorstellungen angeregt werden.

Durch die *Think*-Phase hatte jede Schülerin und jeder Schüler Zeit, sich die eigenen Vorstellungen bewusst zu machen. Im Anschluss zielte sowohl die Partner- als auch die Gruppendiskussion darauf ab, eigene Vorstellungen sowie alternative Sichtweisen zu eruieren und argumentativ zu hinterfragen (u. a. Kuhn (1991) hebt die Bedeutung von Argumentation hervor). Das Format der Gruppendiskussion bietet

hierbei den Vorteil, dass die Reflexion, Entwicklung sowie Diskussion alternativer Vorstellungen in einem gemeinsamen Rahmen erfolgen kann. Sie gewährt darüber hinaus Einblicke in einen derartigen sozialen Aushandlungsprozess (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014; Rosman, 2016). Darüber hinaus schreiben Billmann-Mahecha und Gebhard (2014, S. 148): *„Die Methode der Gruppendiskussion ist für diese Tiefendimension von Vorstellungswelten deshalb geeignet, weil sie die Erfassung von Widersprüchen, sozialen Aushandlungsprozessen und persönlichen Bezügen nicht nur nicht ausschließt, sondern systematisch in den Blick nimmt.“* Das offene Format der Gruppendiskussion sollte den Schülerinnen und Schülern den Austausch über Themen von hoher persönlicher Nähe und Relevanz erleichtern (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014). Die im Rahmen einer Gruppendiskussion entstehende Dynamik sollte die Lernenden dazu animieren, ihre Überzeugungen explizit zu artikulieren (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014). Dafür ist es essentiell, Gruppen zu wählen, welche auch im Alltag miteinander in Kontakt stehen - beispielsweise Schülerinnen und Schüler einer Klasse (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014). In Anlehnung an Naylor et al. (2007) wurde für die Diskussionen jeweils eine Gruppengröße von vier bis sechs Schülerinnen und Schülern gewählt. Um eine wirklich freie Diskussion zwischen den Lernenden zu ermöglichen, wurde außerdem auf eine strukturelle Lenkung durch die Lehrkraft oder einen Leitfaden verzichtet (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014; Naylor et al., 2007; Naylor & Keogh, 2013), weshalb sich die Lehrkraft bzw. Testleitung nach der getätigten Einführung in die Methodik aus dem Geschehen zurückgezogen hat (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014). Damit Gruppendiskussionen ohne Leitung dennoch reibungslos ablaufen können, wird die Nutzung eines Gesprächsimpulses empfohlen (hier: die *Concept Cartoons*) (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014). Für eine ausführliche Beschreibung der didaktischen Strukturierung sei an dieser Stelle auf Kremer und Kapitza (2020) verwiesen.

V DESIGN UND METHODEN

Im Folgenden werden das Design der Interventionsstudie, die Erhebungs- und Analysemethoden zur Prüfung der Hypothesen sowie die Adressierung der Forschungsfragen näher erläutert. Dafür wird zunächst auf die Stichprobe (Abschnitt 8.1.1) sowie die Durchführung der Studie eingegangen (Abschnitt 8.1.2). Des Weiteren wird in die Methodik zur Kombination quantitativer und qualitativer Methoden eingeführt (Abschnitt 8.2). Anschließend werden die quantitativen und qualitativen Erhebungs- und Analysemethoden erläutert (Abschnitt 8.3 bzw. Abschnitt 9).

8 Durchführung der Interventionsstudie

8.1 Erhebungsverfahren

8.1.1 Stichprobe

An der Interventionsstudie nahmen insgesamt 388 Schülerinnen und Schüler teil. Aufgrund einer Stichprobenmortalität von ca. 14 % ($n = 56$), zumeist begründet durch nicht vorhandene Einverständniserklärungen, konnten im Rahmen dieser Studie die Datensätze von 332 Schülerinnen und Schülern verwendet werden.

Diese 332 Schülerinnen und Schülern besuchten die 9., 10. und 11. Jahrgangsstufe an Kieler Gymnasien (Alter: 13 - 19 Jahre, $M = 15,69$, $SD = 1,60$ Jahre; Geschlecht: 49 % weiblich, 51 % männlich), wobei insgesamt acht 9. Klassen, vier 10. Klassen und sechs 11. Klassen an der Studie teilnahmen. Insgesamt besuchten 47 % die 9. Klasse, 22 % die 10. Klasse und 31 % die 11. Klasse. Die Noten in Biologie, Chemie und Physik lagen im Mittel bei $M_{\text{Biologie}} = 2,52$ ($SD = 0.90$), $M_{\text{Chemie}} = 2,54$ ($SD = 0.94$) und $M_{\text{Physik}} = 2,61$ ($SD = 0.94$). Pro Gruppe ergaben sich schließlich folgende Stichprobengrößen: Kontrollgruppe ($n = 87$), Interventionsgruppe (1) (*implizit*, $n = 114$) und Interventionsgruppe (2) (*explizit*, $n = 131$). Im folgenden Abschnitt werden diese Gruppen sowie die Durchführung der Studie genauer erläutert.

8.1.2 Durchführung der Studie

Die Interventionsstudie wurde zwischen März und Juli 2018 durchgeführt. Eine Genehmigung des Ministeriums für Bildung und Wissenschaft des Landes Schleswig-Holstein und die Erlaubnis der Schulleitungen, der Erziehungsberechtigten bzw. der volljährigen Schülerinnen und Schüler lagen vor. Die Interventionsstudie basierte auf einem Prä-, Post- und Follow-up-Design (siehe Abbildung 13). Die Schülerinnen und Schüler wurden dafür auf zwei Interventionsgruppen sowie eine Kontrollgruppe verteilt.

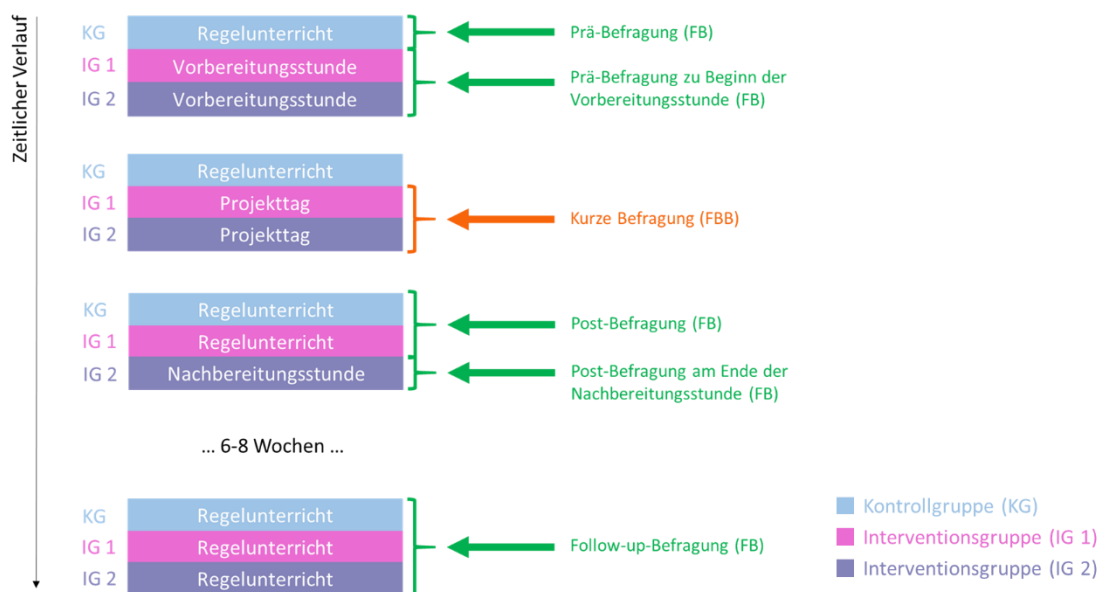


Abbildung 13: Übersicht der Durchführung der Interventionsstudie. Die Grafik veranschaulicht, wie die Befragungen in der Kontrollgruppe (KG, hellblau) sowie in den zwei Interventionsgruppen (IG 1 *implizit* (pink) und IG 2 *explizit* (lila)) durchgeführt wurden. Dabei wurde für die Prä-, Post-, sowie Follow-up-Testung (grün) jedes Mal der gleiche Fragebogen (FB) verwendet, welcher Items zu epistemischen Überzeugungen, dem individuellen Interesse in Biomedizin, dem Vertrauen in die Wissenschaft(-ler/innen) sowie zum Fachwissen der Unterrichtseinheit enthielt. Bei den beiden Interventionsgruppen kam darüber hinaus am Ende des Projekttags ein kurzer Fragebogen (FBB) (orange) zum Einsatz, der Items zum situationalen Interesse sowie kognitiver Belastung enthielt.

Alle drei Gruppen bearbeiteten zu den drei Messzeitpunkten den gleichen Fragebogen (siehe Abbildung 13, *grüne Pfeile*). Während die zwei Interventionsgruppen (siehe Abb. 13, *pinke* und *lila Kästen*) an der außerschulischen Lerneinheit teilnahmen, wurde bei der Kontrollgruppe (siehe Abb. 13, *blaue Kästen*) auf diese Lerngelegenheit verzichtet. Die Kontrollgruppe wurde in die Untersuchung integriert, um ausschließen zu können, dass möglicherweise auftretende Effekte aus Variationen im Ankreuzverhalten resultieren, sondern durch die Intervention selbst hervorgerufen wurden (in Anlehnung

an Rosman, 2016). Die Interventionsgruppen ((1) *implizit* und (2) *explizit*) erhielten beide die in der Schule durchgeführte Vorbereitungsstunde (siehe Abb. 13). Anschließend besuchten beide Gruppen das life:labor der Kieler Forschungswerkstatt¹⁸ und nahmen am Projekttag teil (siehe dafür Kapitel 7). Die Interventionsgruppe (2) (*explizit, lila Kästen*) erhielt darüber hinaus die Nachbereitungsstunde, welche erneut an ihrer Schule durchgeführt wurde.

Der zeitliche Ablauf der Interventionsstudie sah dabei vor, dass die Vorbereitungsstunde in der Unterrichtsstunde vor dem Projekttag und die Nachbereitungsstunde in der Unterrichtsstunde nach dem Projekttag durchgeführt wurden. Die Prä-Befragung erfolgte bei den Interventionsgruppen jeweils zu Beginn der Vorbereitungsstunde und die Post-Befragung am Ende der Nachbereitungsstunde (bei der Interventionsgruppe (2) *explizit*) bzw. in der Stunde nach dem Projekttag (bei der Interventionsgruppe (1) *implizit*) (siehe Abb. 13). Darüber hinaus füllten die Schülerinnen und Schüler der beiden Interventionsgruppen am Ende des Projekttags einen weiteren kurzen Fragebogen aus (siehe Abb. 13, *orangener Pfeil*). Bei der Kontrollgruppe wurde zwischen der Prä- und Post-Befragung, die jeweils im normalen Regelunterricht durchgeführt wurden, eine Unterrichtsstunde ausgelassen, um einen ähnlichen Abstand zwischen den Befragungen wie bei den Interventionsgruppen zu gewährleisten. Die Follow-up-Befragung erfolgte sechs bis acht Wochen nach der Post-Befragung in einer Unterrichtsstunde des Regelunterrichts. Alle Befragungen erfolgten durch eine geschulte Testleitung und wurden stets mit der gleichen Einleitung begonnen.

8.2 Kombination quantitativer und qualitativer Methoden

In Anlehnung an die aktuelle Diskussion im Forschungsfeld der epistemischen Überzeugungen zur Messproblematik und der damit einhergehenden Forderung nach der Kombination quantitativer und qualitativer Methoden (Mason (2016); siehe

¹⁸ Für das life:labor der Kieler Forschungswerkstatt siehe auch: <https://www.forschungswerkstatt.de/labore/lifelabor/>.

Abschnitt 2.4) greift diese Arbeit die aktuelle Diskussion durch die Verknüpfung quantitativer und qualitativer Methoden im Rahmen dieser Interventionsstudie auf.

Nachdem quantitative und qualitative Methoden bereits seit den 1920er Jahren in Untersuchungen kombiniert wurden (z.B. in den *Hawthorne*-Experimenten in der Arbeits- und Organisationspsychologie (Roethlisberger & Dickson, 1939) oder der Marienthal-Studie (Jahoda et al., 1933/1975)), wurde dieses Vorgehen durch den Methodenstreit unterbrochen (Schreier & Odağ, 2010). Diese Paradigmen-Debatte resultierte in der Annahme einer Unvereinbarkeit quantitativer und qualitativer Ansätze sowie einer Phase der Überlegenheit quantitativer Methoden (Schreier & Odağ, 2010). Erst seit einiger Zeit lässt sich ein Trend zugunsten eines erneuten Aufgreifens der Kombination quantitativer und qualitativer Methoden mit dem Ziel eines erweiterten Erkenntnisgewinns bezüglich der jeweiligen Fragestellung beobachten (Kuckartz, 2014; Schreier & Odağ, 2010). In diesem Diskurs werden ganz unterschiedliche Begrifflichkeiten für die Kombination quantitativer und qualitativer Verfahren in der Literatur verwendet, die sich hinsichtlich der zugrundeliegenden Systematisierung unterscheiden können (Kelle, 2008). Aktuelle Debatten werden dabei hauptsächlich unter den Begriffen *Triangulation* und *Mixed Methods* geführt, wobei diese beiden Forschungsstränge als eigenständige Bereiche zu verstehen sind (Kuckartz et al., 2007). Die beiden Ansätze werden im Folgenden näher erläutert.

Nachdem der Ansatz der *Triangulation*, welcher ursprünglich aus der Landvermessung stammt, durch die Arbeiten von Campbell und Fiske (1959) sowie Webb et al. (1966) in die Methodendiskussion eingeführt wurde, erhielt die Diskussion durch die Arbeiten von Denzin (1970) größere Aufmerksamkeit (Flick, 2010, 2011). Flick (2011, S. 12) definiert Triangulation wie folgt: „*Triangulation beinhaltet die Einnahme unterschiedlicher Perspektiven auf einen untersuchten Gegenstand oder allgemeiner: bei der Beantwortung von Forschungsfragen. [...] Durch die Triangulation (etwa verschiedener Methoden oder verschiedener Datensorten) sollte ein prinzipieller Erkenntniszuwachs möglich sein, dass also bspw. Erkenntnisse auf unterschiedlichen Ebenen gewonnen werden, die damit weiter reichen, als es mit einem Zugang möglich wäre.*“ Denzin (1970) unterscheidet dabei vier Formen der Triangulation: Daten-, Investigator-, Theorien- sowie die Methodentriangulation. Letztere wird dabei weiter

unterteilt in die Triangulation innerhalb einer Methode (*within-method*, z.B. die Verwendung verschiedener Subskalen zu einem Konstrukt innerhalb eines Fragebogens) und zwischen mehreren Methoden (*between-method*, z.B. die Kombination quantitativer und qualitativer Methoden).

Im Gegensatz dazu werden *Mixed Methods* als Kombination quantitativer und qualitativer Methoden innerhalb einer oder in aufeinander folgenden Untersuchungen definiert (Schreier & Odağ, 2010). Dies geht damit aus der letzten Variante der Methodentriangulation hervor (Schreier & Odağ, 2010). Auch wenn eine allgemein akzeptierte Definition von Mixed Methods bisher nicht vorliegt (Schreier & Odağ, 2010) - eine Übersicht von Definitionen findet sich z.B. bei Johnson et al. (2007)- lässt sich festhalten, dass der Fokus in der Mixed Methods-Tradition vor allem auf forschungspraktischen und pragmatischen Aspekten bei der Gestaltung von Forschungsdesigns liegt (Kuckartz, 2014; Schreier & Odağ, 2010). Mayring (2001) schlägt dabei für ein derartiges Vorgehen vier Modelle vor, denen das Forschungsdesign folgen kann: das Vorstudien-, Verallgemeinerungs-, Vertiefungs- und Triangulationsmodell. In ersterem werden zunächst qualitative Ansätze zur Hypothesengenerierung genutzt und diese Hypothesen anschließend in einem quantitativen Ansatz überprüft. Bei dem Verallgemeinerungsmodell werden gewonnene qualitative Ergebnisse durch die Verwendung eines quantitativen Ansatzes verallgemeinert. Bei dem Vertiefungsmodell wird eine abgeschlossene quantitative Untersuchung durch qualitative Untersuchungen ergänzt, um detailliertere Einblicke in den Forschungsgegenstand zu erlangen. Das Triangulationsmodell beschreibt schließlich ein Forschungsdesign, bei dem quantitative und qualitative Elemente verknüpft werden und somit gleichzeitig unterschiedliche Methoden zur Untersuchung der Forschungsfrage eingesetzt werden können.

Die Ergebnisse bei der Kombination von verschiedenen Methoden können konvergieren, zueinander komplementär sein oder divergieren (Schreier & Odağ, 2010). Ersteres, welches ursprünglich mit dem Ziel verbunden war, Ergebnisse aus verschiedenen Methoden gegenseitig zu validieren, wurde vielfach kritisiert (Kuckartz, 2014; Schreier & Odağ, 2010). Die Kritik bezog sich vor allem darauf, dass bei der Verknüpfung verschiedener Methoden nicht direkt davon ausgegangen werden kann, dass diese Methoden dasselbe erfassen oder bei unterschiedlichen Ergebnissen das eine

(oder andere) Resultat zu verwerfen ist (Flick, 2011). Des Weiteren wird in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass beide Methoden mit Messfehlern behaftet sind. Allerdings unterliegen sie nicht zwangsweise denselben Messfehlern und eine Kombination von Methoden trägt damit lediglich zur Aufdeckung mehrerer Facetten des Phänomens und nicht zur Validierung der Ergebnisse bei (Kelle, 2008). Eine Divergenz der Ergebnisse kann dabei Ausgangspunkt für neue Untersuchungen sein.

Im Sinne der Komplementaritätsfunktion wird das Ziel hingegen in einer umfassenderen Gegenstandsabbildung durch die Einnahme verschiedener Perspektiven gesehen (Schreier & Odağ, 2010). Diese Idee der Komplementarität wird in der vorliegenden Studie deshalb durch den verknüpften Einsatz eines quantitativen Fragebogens auf der einen Seite und *Concept Cartoons* und Gruppendiskussionen auf der anderen Seite zur Erfassung epistemischer Überzeugungen in Form einer Mixed Methods-Studie bzw. methodischen Triangulation umgesetzt. Die dadurch gewonnenen quantitativen und qualitativen Ergebnisse werden anschließend zusammengebracht, um ein umfassenderes Bild der epistemischen Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler zu erhalten.

8.3 Quantitative und qualitative Erhebungsmethoden

8.3.1 Quantitative Methode: Fragebögen

Im Rahmen der Interventionsstudie kamen zwei verschiedene Fragebögen zum Einsatz. Der Fragebogen (FB) wurde zu den drei Messzeitpunkten Prä, Post und Follow-up in der Kontrollgruppe sowie den beiden Interventionsgruppen eingesetzt (siehe Abschnitt 8.1.2), während das Fragebogenblatt (FBB) am Ende des Projekttags lediglich von den zwei Interventionsgruppen bearbeitet wurde (siehe Abb. 13).

Der Fragebogen (FB) besteht aus drei Teilen (siehe Anhang D). Der erste Teil enthält zunächst eine Definition des Forschungsfeldes Biomedizin, ein Feld zur Generierung eines individuellen Codes und Fragen zu den demographischen Daten der Schülerinnen und Schüler (Geschlecht, Alter, Klassenstufe und die letzten Zeugnisnoten in Biologie, Chemie und Physik). Der zweite Teil enthält Likert-skalierte Items zu epistemischen Überzeugungen (Conley et al., 2004; deutsche Übersetzung nach

Urhahne und Hopf (2004)), dem individuellen Interesse (Rakoczy et al., 2005) und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) (Nadelson et al., 2014). Um eine möglichst disziplinspezifische Erfassung der Konstrukte in Anlehnung an die Empfehlung von Muis et al. (2006) und Schraw (2001) zu gewährleisten, wurden alle Likert-skalierten Items dieser Instrumente auf den Kontext der Biomedizin adaptiert (z. B. „Naturwissenschaft“ ersetzt durch „Biomedizin“). Der dritte Teil besteht aus Fachwissensitems in Bezug auf die außerschulische Lerneinheit (selbstentwickelt). Die Bearbeitung des Fragebogens nahm ca. 20 - 30 Minuten in Anspruch. Eine Übersicht der eingesetzten Instrumente ist in Tabelle 3 zu sehen. Die einzelnen Instrumente der beiden Fragebögen werden nun im Folgenden etwas detaillierter vorgestellt.

Tabelle 3: Übersicht der eingesetzten Instrumente.

Instrument	Anzahl der Items	Beispielitem	Fragebogentyp und Messzeitpunkt
Epistemische Überzeugungen (Conley et al., 2004)	26	„Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Wissenschaftler/ innen der Biomedizin für wahr halten.“	Fragebogen (FB) am Prä-, Post- und Follow-up-Messzeitpunkt
Individuelles Interesse an Biomedizin (Rakoczy et al., 2005)	8	„Themen der Biomedizin sind spannend.“	
Vertrauen in die Wissenschaft (ler/innen) (Nadelson et al., 2014)	5	„Wir sollten darauf vertrauen, dass Wissenschaftler/innen der Biomedizin bei ihrer Arbeit ehrlich sind.“	
Fachwissen (selbstentwickelt)	11	„Durch antibiotische Therapie bei Mukoviszidose...: ...können die Patienten von der Mukoviszidose geheilt werden./ ...können die damit zusammenhängenden Infektionen behandelt werden./ ...können keine Resistenzen mehr bei den Patienten entstehen./ ...kann die Konsistenz des Schleims verändert werden.“	
Situationales Interesse (Knogler et al., 2015)	12	„Ich fand den Projekttag spannend.“	Fragebogenblatt (FBB) am Ende des Projekttags im Schülerlabor
Kognitive Belastung (Künsting, 2007)	10	„Wie einfach oder schwer waren die vorangegangenen Aufträge zu verstehen?“	

Für die Erfassung der epistemischen Überzeugungen wurde auf das bereits vielfach angewendete Instrument von Conley et al. (2004) zurückgegriffen (5-stufige Likert-

Skala, insgesamt 26 Items), welches bereits erfolgreich bei verschiedenen Altersgruppen (5. - 10. Klasse) zum Einsatz kam (siehe u. a. Chen, 2012; Kampa et al., 2016; Urhahne & Hopf, 2004). Ein Beispielitem für die Dimension Entwicklung des Wissens ist: *„Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Wissenschaftler/innen der Biomedizin für wahr halten.“* Ein beispielhaftes Item für die Dimension Sicherheit des Wissens ist: *„Alle Fragen in der Biomedizin haben genau eine Lösung.“* Weiter sind die Items – *„Was Wissenschaftler/innen der Biomedizin herausfinden, muss man glauben.“* - bzw. – *„Es ist wichtig, Experimente in der Biomedizin mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern.“* - Beispielitems für die Dimensionen Quelle bzw. Rechtfertigung des Wissens.

Da in der Literatur vielfach auf die Notwendigkeit hingewiesen wird, den Zusammenhang zwischen motivationalen Variablen und epistemischen Überzeugungen zu untersuchen (Muis et al., 2006; Schraw, 2001), wurde ein Instrument zur Erfassung von individuellem Interesse an Biomedizin eingesetzt (Rakoczy et al., 2005). Ein Beispielitem für diese Art der Items ist: *„Themen der Biomedizin sind spannend.“* (4-stufige Likert-Skala, insgesamt 8 Items). Weiter stellt das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) nicht nur in der Wissenschaftskommunikationsforschung als essentieller Bestandteil der Beziehung zwischen der Bevölkerung und der Wissenschaft einen wichtigen Forschungsschwerpunkt dar (Hendriks et al., 2016). Auch im Kontext Schule ist insbesondere die Untersuchung des Zusammenhangs von Vertrauen und einem Verständnis für die Charakteristika und Prozesse der Naturwissenschaft von steigendem Interesse (Nadelson et al., 2014). Um das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) zu erfassen, wurden fünf Items aus dem Originalinstrument von Nadelson et al. (2014) verwendet. Ein Beispielitem ist: *„Wir sollten darauf vertrauen, dass Wissenschaftler/innen der Biomedizin bei ihrer Arbeit ehrlich sind.“* (5-stufige Likert-Skala, insgesamt 5 Items). Aufgrund der zahlreichen Hinweise in der Literatur hinsichtlich der bislang ungeklärten Beziehung zwischen epistemischen Überzeugungen und Wissen (siehe dafür Bromme et al., 2008) wurden Fachwissensitems in die Erhebung integriert. Diese wurden auf Grundlage der Inhalte, die im Rahmen der Intervention vermittelt wurden, selbst entwickelt. Aufgrund forschungsökonomischer Vorteile wurde dafür ein Multiple-Choice-Format gewählt (u. a. in Anlehnung an Glug (2009)). Insgesamt handelte es sich um elf Items, bei denen jedes aus einem Aufgabenstamm,

einer richtigen Antwort sowie drei falschen Antworten (auch Distraktoren genannt) bestand. Ein Beispielitem für diese Art der Items ist (richtige Antwort unterstrichen): „Durch antibiotische Therapie bei Mukoviszidose...: ...können die Patienten von der Mukoviszidose geheilt werden./ ...können die damit zusammenhängenden Infektionen behandelt werden./ ...können keine Resistenzen mehr bei den Patienten entstehen./ ...kann die Konsistenz des Schleims verändert werden.“ Um zu gewährleisten, dass die gewählten Items zentral für die Inhalte der außerschulischen Lerneinheit sind (Inhaltsvalidität) und keiner der Distraktoren doch als richtige Antwort identifiziert werden konnte, wurden alle Fachwissensitems durch zwei in diesem Projekt involvierte Evolutionsbiologen der Universität Kiel geprüft und anschließend überarbeitet (in Anlehnung an Glug (2009)).

Das Fragebogenblatt (FBB) besteht aus zwei Teilen (siehe Anhang D). Der erste Teil des Fragebogenblattes enthält ebenfalls ein Feld zur Generierung eines individuellen Codes. Der zweite Teil des Fragebogens besteht aus zwölf Likert-skalierten Items zum situationalen Interesse (5-stufige-Likert-Skala, Knogler et al. (2015)) sowie zehn Items zur kognitiven Belastung (7-stufige-Likert-Skala, Künsting (2007)), welche jeweils auf den Projekttag adaptiert wurden (siehe Tabelle 3). Ein Beispielitem für situationales Interesse ist: „*Ich fand den Projekttag spannend.*“ Ein Beispielitem in Bezug auf kognitive Belastung ist: „*Wie einfach oder schwer waren die vorangegangenen Aufträge zu verstehen?*“

8.3.2 Qualitative Methoden: Concept Cartoons und Gruppendiskussionen

Concept Cartoons und Gruppendiskussionen weisen für die Datenerhebung erhebliche Vorteile auf. So erläutert Anschütz (2012), dass *Concept Cartoons* eine qualitative Methode darstellen, welche sich auf Basis zeitlicher und finanzieller Kriterien besonders eignet, um bei großen Stichproben eingesetzt zu werden. Gruppendiskussionen ermöglichen im Vergleich zu Interviews einen tiefergehenden Einblick in Argumentations- und Aushandlungsprozesse und kommen ohne eine moderierende Person aus (Billmann-Mahecha & Gebhard, 2014). Aus diesem Grund empfiehlt auch Bendixen (2016) Gesprächsanalysen insbesondere in Forschungsarbeiten zu epistemischen Überzeugungen zu nutzen.

Im Rahmen der Nachbereitungsstunde (siehe Abbildung 13, Abschnitt 8.1.2) wurden für das Explizieren epistemischer Überzeugungen daher *Concept Cartoons* als diskursiv-reflexive Szenarien in Form der *Think-Pair-Share*-Methode (empfohlen von Arnold et al. (2016)) eingesetzt (siehe Abbildung 14 sowie Abschnitt 2.3.4). Diese wurden zugleich auch verwendet, um die epistemischen Überzeugungen der Lernenden zu erfassen (für das Arbeitsblatt zu den *Concept Cartoons* siehe Anhang C). Nachdem die Schülerinnen und Schüler, wie in Abschnitt 7 bereits beschrieben, in einer kurzen Einzelarbeitsphase eigenständig über die *Concept Cartoons* nachgedacht haben, folgte ein erster Austausch in Form einer Partnerarbeit und anschließend eine Gruppendiskussion.

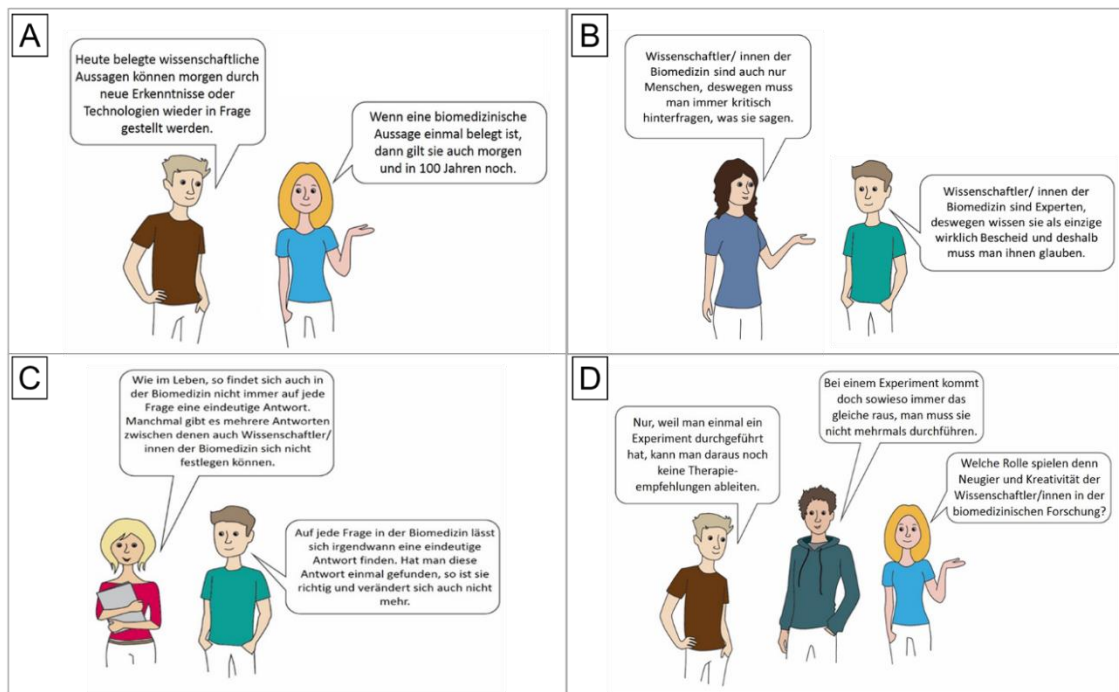


Abbildung 14: Concept Cartoons zu den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen. In jedem *Concept Cartoon* sind Jugendliche dargestellt, die entweder die naive oder die sophistiziertere Position zu der jeweiligen Dimension epistemischer Überzeugungen vertreten. Dabei gehört der Cartoon [A] zur Entwicklung von Wissen, Cartoon [B] zur Quelle von Wissen, Cartoon [C] zur Sicherheit von Wissen und Cartoon [D] zur Rechtfertigung von Wissen nach Conley et al. (2004).

Die Arbeitsblätter der *Concept Cartoons* enthielten dabei zunächst den Arbeitsauftrag und eine Beschreibung des Vorgehens. Darüber hinaus beinhalteten sie ein Feld zur Generierung eines individuellen Codes, um die schriftlichen Meinungsäußerungen der Schülerinnen und Schüler ihren Fragebögen zuordnen zu können. Auf den darauffolgenden vier Seiten der Arbeitsblätter befanden sich die vier *Cartoons* sowie ein

dazugehöriges Feld mit Platz für eigene Notizen. Anschließend folgte eine Tabelle mit je einem Feld pro *Cartoon*, in welchem die Lernenden die Möglichkeit hatten, Veränderungen in ihren Ansichten schriftlich zu dokumentieren. Das offene Antwortformat der *Concept Cartoons*, in dem die Lernenden ihre Meinung zu den verschiedenen Dimensionen epistemischer Überzeugungen aufschreiben konnten, kann tiefergehende Einblicke in ihre Vorstellungswelten und Gedanken ermöglichen (Hammann & Jördens, 2014).

Die letzte Phase der *Think-Pair-Share*-Methode, die Gruppendiskussion, wurde sowohl in Form einer Audio- als auch einer Videoaufnahme aufgezeichnet (empfohlen von Arnold et al. (2016)), um die Diskussionsbeiträge mit den Fragebogendaten und Antworten zu den *Concept Cartoons* verknüpfen zu können. Dafür wurden alle Schülerinnen und Schüler zusätzlich zu Beginn der Nachbereitungsstunde gebeten, auf die zur Verfügung gestellten Namensschilder ihren Code zu schreiben, um die Einzelbeiträge den Personen eindeutig zuordnen zu können. Am Ende der Nachbereitungsstunde wurden die Arbeitsblätter eingesammelt und anschließend, gemeinsam mit den Gruppendiskussionen, für qualitative Analysen verwendet (siehe Abschnitt 9.2.1 und 9.2.2).

9 Methodisches Vorgehen bei der Datenauswertung

9.1 Quantitative Analysemethoden

Nachdem zuvor die Methoden der Datenerhebung erläutert wurden, wird im folgenden Abschnitt das methodische Vorgehen bei der Datenauswertung ausgeführt. Dafür wird zunächst das Vorgehen bei der Datenaufbereitung erläutert (Abschnitt 9.1.1) und daraufhin auf die konfirmatorische Faktorenanalyse (Abschnitt 9.1.2) und die Rasch-Analyse (Abschnitt 9.1.3) eingegangen, die in dieser Arbeit für Voranalysen verwendet wurden. Anschließend werden Hintergründe sowie das Vorgehen beim *t*-Test vorgestellt (Abschnitt 9.1.4), mittels dessen überprüft wurde, ob sich die beiden Interventionsgruppen hinsichtlich ihres situationalen Interesses und der kognitiven Belastung unterscheiden (Forschungsfrage 1c). Daraufhin wird das Verfahren der einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung sowie der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung beschrieben (Abschnitt 9.1.5). Diese wurden verwendet, um die Wirkung der außerschulischen Lerneinheit in den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe hinsichtlich des Erwerbs von Fachwissen, des individuellen Interesses und des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) sowie der epistemischen Überzeugungen kurz- und langfristig zu untersuchen (Forschungsfragen 1a, 1b, 1d und 1e).

In Abschnitt 9.1.6 werden die Verfahren des personenzentrierten Ansatzes vorgestellt. Zunächst wird die latente Profilanalyse erörtert, welche zur Identifizierung von Profilen genutzt wurde. Anschließend wird auf die Kovariatenvergleiche eingegangen, die zur Charakterisierung der identifizierten Profile (Forschungsfrage 2b) sowie einem Vergleich der Prä-Profile hinsichtlich der Outcomes auf den Post-Variablen (Forschungsfrage 3c) verwendet wurden. Weiter wird das Verfahren der latenten Transitionsanalyse beschrieben, mit der die Wahrscheinlichkeiten für Profilwechsel zwischen den jeweiligen Messzeitpunkten ermittelt wurden (Forschungsfrage 2d). Abschließend werden Korrelationsanalysen vorgestellt (Abschnitt 9.1.7), mittels derer Zusammenhänge zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem Fachwissen, dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) sowie dem individuellen Interesse an Biomedizin in der Gesamtstichprobe (Forschungsfrage 3a) sowie innerhalb der einzelnen Profile (Forschungsfrage 3b) untersucht wurden.

9.1.1 Vorgehen bei der Datenaufbereitung

Die quantitativen Daten wurden in einem ersten Schritt bereinigt. Bei den demographischen Daten, welche zu jedem Messzeitpunkt erhoben wurden, wurden pro Person die Angaben zu den drei Messzeitpunkten verglichen. Bei unterschiedlichen Angaben einer Person zu den demographischen Daten an den drei Messzeitpunkten, wurden bei nur einer abweichenden Angabe an einem Messzeitpunkt die demographischen Daten der anderen beiden Zeitpunkte für die weiteren Analysen verwendet. Wurden zu allen drei Messzeitpunkten unterschiedliche Angaben zu den demographischen Daten gemacht, so wurden die Angaben des Prä-Messzeitpunktes für die Analysen genutzt.

Die Multiple-Choice-Items des Fachwissenstests wurden für weitere Analysen in eine 0-1-Codierung überführt, wobei für eine richtige Antwort eine 1 und für eine falsche Antwort ein 0 eingegeben wurde. Darüber hinaus wurden alle Items der Dimensionen Quelle und Sicherheit des Wissens sowie einige Items zum individuellen Interesse (Items 02, 04, 06 und 08) umgepolt, sodass höhere Skalenwerte stets für sophistiziertere epistemische Überzeugungen bzw. ein höheres individuelles Interesse an Biomedizin sprechen. Während die Voranalysen mit dem vollständigen Datensatz durchgeführt wurden, wurden für die weiteren Analysen jene Lernende in eine andere Gruppe verschoben, die an dem jeweiligen Treatment nicht teilgenommen haben. Demnach wurden Lernende der Interventionsgruppe (1) *implizit* und (2) *explizit*, welche nicht am Projekttag teilgenommen haben, zum Prä-Zeitpunkt in die Kontrollgruppe verschoben sowie deren Werte zum Post- und Follow-up-Messzeitpunkt durch fehlende Werte ersetzt. Gleichermaßen wurden Lernende der Interventionsgruppe (2) *explizit*, welche nicht an der Nachbereitungsstunde teilnahmen, in die Interventionsgruppe (1) *implizit* verschoben.

9.1.2 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Mithilfe der konfirmatorischen Faktorenanalyse wurde zunächst bei allen hier verwendeten quantitativen Skalen die Operationalisierung der hypothetischen Konstrukte überprüft, d.h. inwiefern die Daten zu der jeweils zuvor angenommenen theoretischen Struktur passen. Dafür wird zunächst ein Modell spezifiziert

98

(*Modellspezifikation*), also die Anzahl der Faktoren festgelegt und bestimmt, welche manifesten (d.h. beobachtbaren) Variablen auf welche Faktoren laden (Eid & Schmidt, 2014; Moosbrugger & Kelava, 2012). Es muss anschließend sichergestellt werden, dass ausreichend Informationen bzw. bekannte Parameter aus den empirischen Daten vorliegen (d.h. eine positive Anzahl an Freiheitsgraden), um Modellparameter ermitteln zu können (*Modellidentifikation*) (Backhaus et al., 2011). Ist dies erfolgt, können Modellparameter mittels der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt sowie der Modellfit evaluiert werden (Eid & Schmidt, 2014; Moosbrugger & Kelava, 2012). Für die Evaluierung des Modellfits stehen verschiedene Prüfkriterien zur Verfügung: der χ^2 -Test, die *Root-Mean-Square-Error-of-Approximation* (RMSEA), das Maß *Standardized-Root-Mean-Square-Residual* (SRMR) sowie der *Comparative-Fit-Index* (CFI) und der *Tucker-Lewis-Index* (TLI) (siehe hierfür auch Geiser, 2011). Mittels des χ^2 -Tests wird der exakte Modellfit, d.h. die Nullhypothese überprüft, ob die empirische und die modelltheoretische Kovarianzmatrix übereinstimmen. Ist der χ^2 -Test bei größeren Stichproben signifikant, müssen die anderen Fit-Indizes für eine Bewertung der Modellpassung herangezogen werden (Bühner, 2006). Die Richtlinien für den Modellfit sind dabei in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Richtlinien für die Parameter zur Beurteilung des Modellfits bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse.

Parameter	Richtwerte für den Modellfit
Root-Mean-Square-Error-of-Approximation (RMSEA) (Backhaus et al., 2011; Geiser, 2011; Schermelleh-Engel & Moosbrugger, 2003)	$\leq .05$ gut $.05-.08$ akzeptabel $.08-.1$ mittelmäßig $>.1$ nicht akzeptabel
Standardized-Root-Mean-Square-Residual (SRMR) (Backhaus et al., 2011; Geiser, 2011; Schermelleh-Engel & Moosbrugger, 2003)	$\leq .05$ gut $.05-.1$ akzeptabel $>.1$ nicht akzeptabel
Comparative-Fit-Index (CFI) (Geiser, 2011)	$>.97$ sehr gut $>.95$ gut
Tucker-Lewis-Index (TLI) (Geiser, 2011)	$>.97$ sehr gut $>.95$ gut

Der RMSEA betrachtet die Abweichung von empirischer und modelltheoretischer Kovarianzmatrix und stellt ein approximatives Maß zur Bewertung der Modellgüte dar (Bühner, 2006; Geiser, 2011). Der SRMR ist ein standardisierter Koeffizient, der für die Bewertung der Residuen, d.h. der Differenz aus beobachteten und modellimplizierten Kennwerten, genutzt werden kann. Dabei sollte der RMSEA sowie der SRMR für einen

guten Modellfit $\leq .05$ sein (Geiser, 2011; Schermelleh-Engel & Moosbrugger, 2003) und für einen akzeptablen Modellfit zwischen $.05$ und $.08$ liegen (Backhaus et al., 2011; Schermelleh-Engel & Moosbrugger, 2003). Der CFI- und TLI- Index vergleichen den Fit des Zielmodells mit dem Fit eines Nullmodells bzw. Baselinemodells und geben an, um wieviel besser das Zielmodell im Vergleich zu dem Nullmodell zu den Daten passt (Geiser, 2011). Der CFI sowie der TLI sollte $> .95$ (bzw. $> .97$) für einen guten (bzw. sehr guten Modellfit) sein (Geiser, 2011). Für die Berechnung der konfirmatorischen Faktorenanalyse wurde MPlus (Version 8.2) verwendet.

9.1.3 Rasch-Analyse für die Fachwissensitems: Das dichotome Raschmodell

Für die Analyse eines Tests wird häufig die Anzahl der richtig beantworteten Fragen als Maß für die Fähigkeit einer Person verwendet. Dies basiert auf der Annahme, dass alle Fragen eines solchen Tests gleichermaßen das Konstrukt erfassen, d.h. die gleiche Schwierigkeit aufweisen (Neumann, 2014). Bei einem Leistungstest sowie bei einem Test zur Erfassung von Fachwissen kann allerdings davon ausgegangen werden, dass die einzelnen Aufgaben unterschiedlich schwer sind (Neumann, 2014). Ein Verfahren, welches dies berücksichtigt und die Aufgabenschwierigkeit damit in die Berechnung der Personenfähigkeit einbezieht und so einen angemessenen Vergleich von Fachwissenszuwächsen ermöglicht, ist die Rasch-Analyse (Boone, 2016; Neumann, 2014). Diese gehört zur probabilistischen Testtheorie, bei der das Lösungsverhalten der Probanden durch ein nicht direkt beobachtbares (latentes) Konstrukt erklärt werden kann (Kauertz, 2014; Wellnitz, 2012). Die hier verwendeten Multiple-Choice-Items zur Erfassung des Fachwissens bestanden jeweils aus einer richtigen Antwort sowie drei falschen Antworten. Wie in Abschnitt 9.1.1 bereits erläutert, wurden die Antworten in eine 0-1-Codierung überführt (falsch-richtig), sodass hier das dichotome Rasch-Modell genutzt werden kann, welches im Folgenden genauer erläutert wird.

Das Rasch-Modell erfordert neben einer lokalen stochastischen Unabhängigkeit der Aufgaben die Stichprobenunabhängigkeit der Parameterschätzungen, wobei erstere aussagt, dass das Lösen einer Aufgabe nur vom Konstrukt selbst abhängt und nicht z. B. von anderen Aufgaben. Die Stichprobenunabhängigkeit ist dadurch gegeben, dass die Itemparameter ohne Kenntnis der Personenparameter bzw. diesbezüglicher

Verteilungsannahmen berechnet werden können (Wellnitz, 2012). Eine weitere Voraussetzung für das Rasch-Modell ist die Eindimensionalität (Bond & Fox, 2015; Neumann, 2014; Wellnitz, 2012). Dies bedeutet, dass nur ein einziges Konstrukt zur Zeit mit diesen Items erfasst wird (Bond & Fox, 2015; Neumann, 2014; Wellnitz, 2012).

Die vorliegenden Rohdaten werden zunächst durch die Anwendung des Logarithmus des Wettquotienten (engl. *odds*) aus der Erfolgswahrscheinlichkeit $P_{ni}(x = 1)$ einer Person n für eine Aufgabe i und der dazugehörigen Gegenwahrscheinlichkeit $P_{ni}(x = 0)$ in Logitwerte überführt (Bond & Fox, 2015; Wellnitz, 2012). Dadurch werden sowohl Itemschwierigkeit als auch Personenfähigkeit auf einer gemeinsamen, linearen Logit-Skala angeordnet und die vorherigen Rohdaten in lineare Werte transformiert (Boone, 2016; Wellnitz, 2012). Die Erfolgswahrscheinlichkeit $P_{ni}(x = 1)$, dass eine Person n eine Aufgabe i richtig löst, kann dann als Funktion der Differenz zwischen der Personenfähigkeit (B_n) und der Itemschwierigkeit (D_i) beschrieben werden (Bond & Fox, 2015):

$$P_{ni}(x = 1) = f(B_n - D_i)$$

Für f wird eine logistische Funktion verwendet, sodass sich schließlich für die Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit $P_{ni}(x = 1)$ folgendes ergibt (Bond & Fox, 2015; Neumann, 2014):

$$P_{ni}(x = 1) = \frac{e^{(B_n - D_i)}}{1 + e^{(B_n - D_i)}}$$

Für die Analyse wurde das Programm Winsteps (Version 4.0.1) (Linacre, 2017) verwendet. Um erfassen zu können, bei welchen Personen Fachwissenszuwächse über die drei verschiedenen Messzeitpunkte auftreten, müssen diese in dem gleichen Skalierungsrahmen erfasst werden (Wright, 2003). Dafür empfiehlt Wright (2003) ein *Stacking* der Antworten der Schülerinnen und Schüler zu den drei Messzeitpunkten. Zu diesem Zweck wurden die Daten zu allen Messzeitpunkten für die Analyse zusammengeführt, sodass für die Erstellung des Bezugsrahmens dreimal so viele Personen ($N = 996$) wie ursprünglich im Datensatz ($N = 332$) vorkommen und damit die Personen zu den drei Messzeitpunkten jeweils als unterschiedliche Personen behandelt wurden (siehe Tabelle 5) (Wright, 2003).

Tabelle 5: Übersicht über das Stacking der Stichproben zu den drei Messzeitpunkten.

Testzeitpunkt	Stichprobengröße (<i>N</i>)
Prä	332
Post	332
Follow-up	332
Σ	996 (abzüglich fehlender & extremer Werte 849)

Für die Ermittlung der Reliabilitätswerte sowie weitere Analysen wurden extreme Personen ausgeschlossen, d. h. jene, welche alle Fachwissensfragen richtig bzw. alle falsch beantworteten, da hierbei der Messfehler unendlich groß wird (Boone et al., 2014). Beantwortet beispielsweise eine Person alle Fragen des Tests richtig, so kann keine Aussage darüber getroffen werden, wie hoch genau das Fachwissen dieser Person einzuschätzen ist (Boone et al., 2014). Der folgende Teil betrachtet verschiedene Parameter, die herangezogen werden, um die Qualität eines Instruments zu untersuchen.

Hinsichtlich der *Reliabilität* wird neben dem Reliabilitätswert für Personen außerdem der Reliabilitätswert für Items betrachtet (Boone et al., 2014). Beide Werte liegen zwischen 0 und 1 (Boone et al., 2014). Der Reliabilitätswert für Personen kann dabei analog zu klassischen Reliabilitätswerten, wie z. B. dem Cronbach's α , interpretiert werden, wobei ein Wert nahe 1 auf eine hohe interne Konsistenz hindeutet (Boone et al., 2014). Darüber hinaus wird pro Reliabilitätswert sowohl ein Wert für die untere (*real*) als auch die obere Grenze (*model*) der Reliabilität ausgegeben, wobei hier, in Anlehnung an Boone et al. (2014), der eher konservative *real*-Reliabilitätswert verwendet wurde. Ein hoher Personen-Reliabilitätswert zeigt, dass Personen hoher und niedriger Fähigkeit ausreichend gut ausdifferenziert werden können und diese Personenhierarchie bei der vorliegenden Stichprobe mit einem anderen Set an Items reproduzierbar wäre (Bond & Fox, 2015). Der Wert sollte dabei für Gruppenvergleiche bei mindestens .5 liegen (Lienert & Raatz, 1998). Der Item-Reliabilitätswert beschreibt analog die Reproduzierbarkeit der Itemhierarchie, wenn eine andere Stichprobe diese Items bearbeiten würde, sowie, dass die einzelnen Aufgaben des Instruments unterschiedliche Schwierigkeiten aufweisen (Bond & Fox, 2015). Der Wert kann ebenfalls einen Wert von 0 bis 1 annehmen, wobei ein geringer Wert darauf hindeutet, dass die Stichprobengröße für eine genaue Lokalisierung der Items zu klein ist (Arnold, 2015).

Zusätzlich zu den Reliabilitätswerten werden von Winsteps (Linacre, 2017) außerdem zwei Werte für Items sowie Personen für die *Separation* ausgegeben. Die Separation kann einen Wert zwischen 0 und unendlich annehmen (Boone et al., 2014). Ein geringer Separationswert für Items (< 3) deutet darauf hin, dass die Stichprobe nicht ausreicht, um die Schwierigkeitshierarchie der Items und damit die Konstruktvalidität abzusichern (Boone et al., 2014). Der Item-Separationswert sollte für Gruppenanalysen den notwendigen Wert von 2.5 überschreiten (Boone et al., 2014). Ein geringer Personenseparationswert würde darauf hindeuten, dass das vorliegende Instrument die Unterschiede zwischen Lernenden mit hohem bzw. geringem Fachwissen nicht sensitiv genug erfasst (Boone et al., 2014). Ein Personenseparationswert von 1.5 stellt einen akzeptablen Wert dar, ein Wert von 2.0 einen guten und ein Wert von 3.0 einen exzellenten Wert (Boone et al., 2014).

Das Rasch-Modell basiert auf der Annahme, dass lediglich *ein* bestimmtes Konstrukt (Eindimensionalität) auf einer *mehr als-weniger als* - Skala erfasst wird (Bond & Fox, 2015). Um zu prüfen, inwiefern die Daten zu dieser theoretischen Modellannahme passen, wird der *Fit* der Items betrachtet (Boone et al., 2014; Boone, 2016). Dabei wird zwischen dem *Infit* und dem *Outfit* unterschieden. Während der Infit sensitiv für unerwartete Antworten zu Items nahe der Person ist, beschreibt der Outfit die Fit-Statistik bezüglich Ausreißern, d.h. unerwarteten Antworten zu Items, deren Schwierigkeit auf der Skala weit von der Person entfernt liegt (Boone et al., 2014). Beide werden als *MNSQ-(mean-square)* und als *ZSTD-Wert (z-standardized)* ausgegeben. Da der MNSQ-Wert die Basis für den ZSTD-Wert bildet, empfehlen Boone et al. (2014) zunächst den MNSQ-Wert zu analysieren und den ZSTD-Wert lediglich dann hinzuzuziehen, wenn der MNSQ-Wert nicht im angestrebten Bereich ($0.5 \leq \text{MNSQ} \leq 1.5$) liegt.

Die *Trennschärfe* der Items (*point-measure correlation*) gibt an, wie gut einzelne Aufgaben zwischen Personen mit hoher bzw. geringer Fähigkeit unterscheiden können (Wellnitz, 2012). Sie kann einen Wert zwischen -1 und 1 annehmen, sollte aber positiv sein, sofern das Item die latente Variable erfasst (siehe auch Arnold, 2015). Weiter sollte diese dabei über .25 liegen (Adams, 2002, S. 102). Außerdem sollte bei Rasch-Analysen geprüft werden, wie stark die Werte von den erwarteten Werten abweichen.

In der *Wright-Map* werden sowohl die Personen anhand ihrer Fähigkeit als auch die Items anhand ihrer Schwierigkeit entlang einer eindimensionalen vertikalen Linie dargestellt (in Logits), welche das zu messende Konstrukt repräsentiert. Dieses beruht auf dem Konzept der Eindimensionalität entlang dessen eine hierarchische Darstellung ermöglicht wird (Boone et al., 2014; Boone, 2016). Während oben die Personen höherer Fähigkeit bzw. die schwierigeren Items aufgetragen sind, liegen unten die Personen geringerer Fähigkeit bzw. die leichteren Items. Dabei hat eine Person, die auf gleicher Höhe mit einem Item ist, eine 50 %ige Erfolgswahrscheinlichkeit, dieses Item zu lösen (Bond & Fox, 2015). Darüber hinaus kann die Wright-Map zur Betrachtung der Konstruktvalidität herangezogen werden, wenn die theoretische Annahme über die Itemhierarchie mit der tatsächlichen Reihenfolge verglichen wird (Boone, 2016).

Durch die Rasch-Analyse wurden anhand der Rohdaten für jede Person die intervallskalierten sogenannten Personenmesswerte (*person measures*) generiert, die für weiterführende Analysen verwendet werden konnten (Boone et al., 2014; Boone, 2016).

9.1.4 *t*-Test für unabhängige Stichproben

Mithilfe des *t*-Tests kann überprüft werden, ob sich Mittelwerte von zwei unabhängigen Stichproben voneinander unterscheiden. Voraussetzungen für das Verfahren sind zum einen die Unabhängigkeit und Varianzhomogenität der Stichproben. Zum anderen muss das untersuchte Merkmal intervallskaliert sein und bei kleineren Stichproben ($N \leq 30$) in beiden Gruppen normalverteilt sein (Nachtigall & Wirtz, 2013). Wenn größere Stichproben untersucht werden, kann das Verfahren als robust gegen Voraussetzungsverletzungen dieser Art eingeschätzt werden (Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Für den *t*-Test wird eine *t*-verteilte Prüfgröße verwendet, bei der die Differenz der zwei Mittelwertsunterschiede durch das Teilen durch den Standardfehler, der Streuung dieser Mittelwertsunterschiede, normiert wird (Bühner & Ziegler, 2009; Nachtigall & Wirtz, 2013; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Mit den Mittelwerten \bar{x}_1 bzw. \bar{x}_2 in den jeweiligen Gruppen und dem Standardfehler $\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ lautet die Prüfgröße (Nachtigall & Wirtz, 2013):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

Bei ungleicher Stichprobengröße (n) wird diese bzw. die Anzahl an Freiheitsgraden ($n - 1$) für die Berechnung des Standardfehlers gewichtet, da größere Stichproben die Population besser abbilden können als kleinere Stichproben. Es ergibt sich somit für die Berechnung des Standardfehlers $\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ (Nachtigall & Wirtz, 2013):

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \hat{\sigma}_1^2 + (n_2 - 1) \hat{\sigma}_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

Bei einem zweiseitigen t -Test wird dann durch eine Tabelle überprüft, ob der berechnete *empirische* t -Wert betragsmäßig größer ist als der *kritische* t -Wert, ein theoretischer, durch die Wahl des α -Kriteriums anhand der t -Verteilung festgelegter Wert (Nachtigall & Wirtz, 2013). In dem Fall ist das Ergebnis signifikant und die Nullhypothese, die besagt, dass sich die Mittelwerte nicht unterscheiden, zu verwerfen (Nachtigall & Wirtz, 2013). Für die Berechnung des t -Tests wurde IBM SPSS Statistics (Version 23) verwendet (siehe dafür Field, 2009).

Es wird außerdem ein von der Stichprobengröße unabhängiges und standardisiertes Effektgrößenmaß, das so genannte Cohens' d angegeben (Döring & Bortz, 2016). Dabei gilt ein Wert von $d = .20$ als kleiner Effekt, von $d = .50$ als mittlerer Effekt und von $d = .80$ als großer Effekt (Döring & Bortz, 2016).

9.1.5 Varianzanalysen

Um Unterschiede zwischen Mittelwerten von mehr als zwei Gruppen auf statistische Signifikanz zu untersuchen, werden Varianzanalysen verwendet. Im Folgenden wird zunächst die *einfaktorische Varianzanalyse ohne Messwiederholung* vorgestellt, welche Verwendung findet, um Mittelwertsunterschiede von mehreren unabhängigen Gruppen zu untersuchen. Diese wurde in der vorliegenden Studie genutzt, um zu untersuchen, inwiefern sich die Gruppen zu Beginn der Erhebung jeweils hinsichtlich der erhobenen Variablen unterscheiden. Anschließend wird die *zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung* beschrieben. Diese wurde in der vorliegenden Studie verwendet, um

den Einfluss des Zwischensubjektfaktors Gruppe sowie der Messwiederholung (Innersubjektfaktor Zeit) auf eine abhängige Variable zu überprüfen.

Für das Durchführen von Varianzanalysen muss die abhängige Variable intervallskaliert sein (Rasch et al., 2014). Außerdem muss die abhängige Variable in den einzelnen Gruppen normalverteilt sein sowie Varianzhomogenität in den Gruppen vorliegen (Rasch et al., 2014). Dennoch gelten Varianzanalysen als robust in Bezug auf Voraussetzungsverletzungen hinsichtlich der Verteilungsannahme (Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Bei der einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung müssen darüber hinaus die zu vergleichenden Gruppen voneinander unabhängig sein (Rasch et al., 2014). Bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse muss außerdem das Kriterium der Sphärizität gegeben sein, d.h. die Homogenität der Varianzen und Kovarianzen der Messwiederholungen (Bühner & Ziegler, 2009).

Das Prinzip der Varianzanalyse basiert auf einer Zerlegung der Gesamtvarianz aller Stichprobenmesswerte auf verschiedene Komponenten. Bei der *einfaktoriellen Varianzanalyse* wird die Gesamtvarianz aller Messwerte in eine systematische Varianz (auf das Experiment zurückführbar) und eine Residualvarianz (nicht durch das Experiment erklärbar) zerlegt (Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Während erstere durch die *Varianz zwischen den Gruppen* geschätzt wird, ergibt sich letztere aus der Schätzung der *Varianz innerhalb der Gruppen* (Rasch et al., 2014). Die Varianz zwischen den Gruppen wird durch die Quadratsumme zwischen den Gruppen (QS_{zw}), d.h. der quadrierten, mittleren Abweichung jedes Gruppenmittelwertes (\bar{A}_i) vom Gesamtmittelwert (\bar{G}), geteilt durch die Zählerfreiheitsgrade (df_{zw}) berechnet, die sich aus der Anzahl der Gruppen (p) minus 1 ergeben, wobei n die Anzahl der Personen pro Gruppe beschreibt (Rasch et al., 2014):

$$\hat{\sigma}_{zw}^2 = \frac{QS_{zw}}{df_{zw}} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^p (\bar{A}_i - \bar{G})^2}{p - 1}$$

Die Varianz innerhalb der Gruppen ergibt sich aus der Quadratsumme innerhalb der Gruppen (QS_{inn}), d.h. der quadrierten, mittleren Abweichung jedes Wertes (x_{mi}) vom Gruppenmittelwert (\bar{A}_i), geteilt durch die Nennerfreiheitsgrade (df_{inn}) (Rasch et al., 2014):

$$\hat{\sigma}_{inn}^2 = \frac{QS_{inn}}{df_{inn}} = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{m=1}^n (x_{mi} - \bar{A}_i)^2}{p(n-1)}$$

Da die Schätzung der Varianz zwischen den Gruppen mit Messfehlern einhergeht, besteht diese sowohl aus systematischer als auch aus Residualvarianz. Daher werden die Varianz zwischen den Gruppen und die Varianz innerhalb der Gruppen mittels des F -Bruchs ins Verhältnis gesetzt (Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008):

$$F = \frac{\hat{\sigma}_{zw}^2}{\hat{\sigma}_{inn}^2}$$

Das zugehörige Prüfverfahren wird demnach auch als F -Test bezeichnet. Bei der Nullhypothese würde angenommen werden, dass die Mittelwerte in den Gruppen gleich sind. Die systematische Varianz wäre dann 0 und die Zwischenvarianz würde nur Residualvarianz enthalten. Der F -Wert wäre dabei annähernd 1 (Rasch et al., 2014). Besteht hingegen ein systematischer Unterschied zwischen den Gruppen, so ist die Varianz zwischen den Gruppen größer als innerhalb der Gruppen und der F -Wert größer 1 (Rasch et al., 2014). Mithilfe der F -Verteilung, deren Form durch die Freiheitsgrade der Varianzschätzung zwischen und innerhalb der Gruppen vorgegeben wird, kann die Wahrscheinlichkeit der jeweiligen F -Werte unter Annahme der Nullhypothese bestimmt werden. Die Nullhypothese wird verworfen, wenn die Wahrscheinlichkeit eines empirischen F -Wertes kleiner oder gleich dem zuvor gesetzten α -Kriterium ist, d.h. das Ergebnis signifikant ist (Rasch et al., 2014). Für eine inhaltliche Interpretation sollte darüber hinaus eine Effektstärke, z.B. η^2 , berechnet werden. Diese gibt den Anteil der systematischen Varianz an der Gesamtvarianz wieder, d.h. jene, die durch das Experiment erklärt werden kann (siehe auch Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Für die Interpretation von η^2 siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Interpretation des Effektstärkenmaßes η^2 nach Cohen (1988) (Bühner & Ziegler, 2009).

η^2	Interpretation der Effektstärke
> .01	Kleiner Effekt
> .06	Mittlerer Effekt
> .14	Großer Effekt

Die Varianzanalyse testet immer zweiseitig, weshalb die Alternativhypothese nur unspezifisch getestet werden kann (Rasch et al., 2014). Demnach deutet ein signifikantes Ergebnis lediglich darauf hin, dass sich mindestens eine Stufe des Faktors von mindestens einer anderen unterscheidet. Für eine genauere Betrachtung der Mittelwertsunterschiede sind Post-hoc-Tests notwendig. Der Tukey HSD-Test erlaubt dabei paarweise Vergleiche durch das Bestimmen der kleinsten noch signifikanten Differenz zweier Mittelwerte (Rasch et al., 2014).

Bei der *zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung* auf einem Faktor kommen durch das Vorhandensein eines messwiederholten und eines nicht messwiederholten Faktors weitere Quellen der Variation der Messwerte hinzu. Es sei dabei A der nicht messwiederholte Faktor mit p Stufen (*hier*: Gruppenfaktor) und B_{mw} der messwiederholte Faktor mit q Stufen (*hier*: Messwiederholung). Es soll dabei der Haupteffekt des Faktors A , der Haupteffekt des Faktors B und die Wechselwirkung zwischen A und B untersucht werden.

Die Gesamtvarianz (σ_{gesamt}^2) kann auch hier in eine Varianz zwischen den Personen und innerhalb der Personen zerlegt werden (Rasch et al., 2014). Die Varianz zwischen Personen besteht dabei wiederum aus der Varianz durch die Gruppenzugehörigkeit (σ_A^2 , systematische Unterschiede zwischen dessen Stufen) sowie der Varianz innerhalb der einzelnen Stufen des Gruppenfaktors (σ_{inns}^2 , z.B. a-priori Unterschiede oder Messfehler) (Rasch et al., 2014). Die Varianz innerhalb der Personen, d.h. der Anteil der Varianz durch eine Veränderung der Messwerte der einzelnen Personen über die Messzeitpunkte, teilt sich in die Varianz durch den Messzeitpunkt (σ_{Bmw}^2), die Varianz aufgrund der Wechselwirkung der beiden Faktoren (σ_{AxBmw}^2) sowie die Residualvarianz auf (σ_{Res}^2 , Messfehler aufgrund der Messwiederholung oder aufgrund von Wechselwirkung zwischen Messzeitpunktbedingungen und Charakteristika der Personen) (Rasch et al., 2014). Somit ergibt sich (siehe auch Bühner & Ziegler, 2009; Rasch et al., 2014):

$$\sigma_{gesamt}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_{inns}^2 + \sigma_{Bmw}^2 + \sigma_{AxBmw}^2 + \sigma_{Res}^2$$

Die einzelnen Varianzanteile werden dabei wie folgt berechnet (siehe Bühner & Ziegler, 2009). Bei der Varianz durch die Gruppenzugehörigkeit (σ_A^2) wird die Summe der

quadrierten Abweichungen der Gruppenmittelwerte (\bar{A}_i) vom Gesamtmittelwert (\bar{G}) betrachtet (Bühner & Ziegler, 2009):

$$\sigma_A^2 = \frac{QS_A}{df_A} = \frac{n \cdot q \cdot \sum_{i=1}^p (\bar{A}_i - \bar{G})^2}{p - 1}$$

Für die Varianz innerhalb der einzelnen Stufen des Gruppenfaktors ($\sigma_{inn.s}^2$) wird die Summe der quadrierten Abweichungen des individuellen Mittelwertes der Person m (\bar{P}_{mi}) von dem jeweiligen Gruppenmittelwert (\bar{A}_i) betrachtet (Bühner & Ziegler, 2009):

$$\sigma_{inn.s}^2 = \frac{QS_{inn.s}}{df_{inn.s}} = \frac{q \cdot \sum_{i=1}^p (\bar{P}_{mi} - \bar{A}_i)^2}{q \cdot (n - 1)}$$

Weiter werden für die Varianz durch den Messzeitpunkt ($\sigma_{B_{mw}}^2$) die quadrierten Abweichungen der Mittelwerte jedes Messzeitpunktes (\bar{B}_j) vom Gesamtmittelwert (\bar{G}) ermittelt (Bühner & Ziegler, 2009):

$$\sigma_{B_{mw}}^2 = \frac{QS_{B_{mw}}}{df_{B_{mw}}} = \frac{n \cdot p \cdot \sum_{j=1}^q (\bar{B}_j - \bar{G})^2}{q - 1}$$

Für die Varianz aufgrund der Wechselwirkung der beiden Faktoren ($\sigma_{AxB_{mw}}^2$) werden die quadrierten Abweichungen zwischen beobachteten (\overline{AB}_{ij}) und erwarteten (\overline{AB}'_{ij}) Mittelwerten der Kombination beider Faktoren berechnet, wobei $\overline{AB}'_{ij} = \bar{A}_i + \bar{B}_j - \bar{G}$ (Bühner & Ziegler, 2009):

$$\sigma_{AxB_{mw}}^2 = \frac{QS_{AxB_{mw}}}{df_{AxB_{mw}}} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\overline{AB}'_{ij} - \overline{AB}_{ij})^2}{(p - 1)(q - 1)}$$

Für die Residualvarianz werden weiter die quadrierten Abweichungen der individuellen Messwerte einer Person m (x_{mij}) aus der Gruppe i zum Messzeitpunkt j vom jeweiligen Kombinationsmittelwert (\overline{AB}_{ij}) sowie vom jeweiligen individuellen Mittelwert (\bar{P}_{mi}) über die Zeit betrachtet (Bühner & Ziegler, 2009):

$$\sigma_{Res}^2 = \frac{QS_{Res}}{df_{Res}} = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{m=1}^n (x_{mij} - \overline{AB}_{ij} - \bar{P}_{mi} + \bar{A}_i)^2}{p \cdot (q - 1)(n - 1)}$$

Auch hier ermöglicht der Vergleich von systematischer und der jeweiligen unsystematischen Varianz bei den verschiedenen Effekten die Anwendung des F -Tests zur Signifikanzprüfung. Die jeweiligen F -Brüche lauten dabei (Bühner & Ziegler, 2009):

$$F_A = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_{\text{inns}}^2}$$

$$F_B = \frac{\hat{\sigma}_{B_{mw}}^2}{\hat{\sigma}_{Res}^2}$$

$$F_{AB_{mw}} = \frac{\hat{\sigma}_{AB_{mw}}^2}{\hat{\sigma}_{Res}^2}$$

Das weitere Vorgehen bezüglich der Berechnung von Effektstärken und Post-hoc-Tests entspricht dem bereits oben beschriebenen. Bei Varianzanalysen mit Messwiederholung wird aufgrund besserer Interpretierbarkeit statt dem η^2 das partielle η^2 als Effektstärke verwendet (siehe Tabelle 6). Für die Berechnung der Varianzanalysen wurde IBM SPSS Statistics (Version 23) verwendet.

9.1.6 Ein personenzentrierter Ansatz: Latente Profilanalyse und latente Transitionsanalyse

Im Forschungsfeld der epistemischen Überzeugungen verstärkt sich der Eindruck, dass eine variablenzentrierte Herangehensweise, d.h. eine Betrachtung der gesamten Stichprobe, für die Untersuchung derselben nicht zielführend ist (siehe auch Abschnitt 2.5) (Chen, 2012; Kampa et al., 2016; Trevors et al., 2017). Stattdessen wird für die Anwendung eines personenzentrierten Ansatzes plädiert, der es ermöglicht, unterschiedliche Subgruppen von Lernenden zu einem Messzeitpunkt sowie auch individuelle Veränderungen über die Zeit tiefgehend zu untersuchen (Chen, 2012; Hickendorff et al., 2018; Kampa et al., 2016; Trevors et al., 2017). Der personenzentrierte Ansatz basiert dabei auf der Annahme, dass sich interindividuelle Unterschiede in der heterogenen Gesamtpopulation in den beobachteten Antwortmustern zu einem Set an Items durch die Zugehörigkeit zu homogenen Subgruppen (sogenannte latente Klassen) und dem damit verbundenen, klassenspezifischen Antwortprofil erklären lassen (Bergman & Magnusson, 1997;

Geiser, 2011; Hickendorff et al., 2018). Das Verfahren zur Klassifizierung von Personen in homogene Subgruppen wird beim Vorliegen von kategorialen Variablen als latente Klassenanalyse (LCA) bezeichnet. Die latente Profilanalyse (LPA) ist ein Spezialfall der LCA für intervallskalierte Daten, wobei allerdings beiden Verfahren dasselbe Modell zu Grunde liegt (Pastor et al., 2007). Im Folgenden werden die latente Profilanalyse (LPA) sowie ihre längsschnittliche Erweiterung, die latente Transitionsanalyse (LTA), vorgestellt, die in der vorliegenden Interventionsstudie für eine quer- und längsschnittliche Untersuchung epistemischer Überzeugungen verwendet wurden.

Das Modell der latenten Klassen- bzw. Profilanalyse basiert auf der Annahme, dass jede Person ($v \in \{1, \dots, n\}$) mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit einer latenten Klasse angehört (Moosbrugger & Kelava, 2012). Dabei kann für jede Person v bzw. das Antwortmuster a_v zu einem Set an Items ($i \in \{1, \dots, m\}$) mit jeweils mehreren Antwortkategorien ($x_{vi} \in \{0, \dots, k, \dots, K-1\}$) eine bedingte Klassenzuordnungswahrscheinlichkeit $P(g|a_v)$ bestimmt werden. Diese beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der Person v mit Antwortmuster a_v zur Klasse g gehört. Auch die relativen Klassengrößen werden innerhalb des Modells geschätzt (π_g). Lediglich die Anzahl der Klassen (G) wird vorher festgelegt und anschließend über Modellindizes geprüft, welche Klassenzahl am besten zu den Daten passt.

Um die Grundstruktur der latenten Klassenanalyse in einer Formel ausdrücken zu können, sind vorher einige Annahmen zu treffen (siehe dafür auch Moosbrugger & Kelava, 2012; Rost, 2004). Zunächst wird davon ausgegangen, dass die Kategoriewahrscheinlichkeiten für Personen innerhalb einer Klasse gleich sind. Diese Kategoriewahrscheinlichkeiten können jeweils durch die bedingte Wahrscheinlichkeit ($P(x_{vi} = k|g)$) ausgedrückt werden, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person v beim Item i die Kategorie k wählt unter der Bedingung, dass sie der Klasse g angehört. Aufgrund dieser Annahme kann diese Formel für die bedingte Kategoriewahrscheinlichkeit abgekürzt geschrieben werden als (Moosbrugger & Kelava, 2012):

$$P(x_{vi} = k|g) = P_{ikg}$$

Des Weiteren wird angenommen, dass innerhalb einer latenten Klasse für alle Items lokale stochastische Unabhängigkeit gilt. Basierend auf dieser Annahme folgt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Antwortmusters ($P(a_v)$) sich aus dem Produkt der bedingten Kategoriewahrscheinlichkeiten über alle Items ergibt (Moosbrugger & Kelava, 2012):

$$P(a_v|g) = \prod_{i=1}^m P_{ikg}$$

Weiter wird angenommen, dass die einzelnen Klassen disjunkt und exhaustiv sind, d.h. jede Person nur einer Klasse angehört und klassifiziert werden kann. Die unbedingte Antwortmusterwahrscheinlichkeit ($P(a_v)$) kann demnach berechnet werden, indem die bedingten Wahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Antwortmuster über alle Klassen g mit relativer Klassengröße π_g aufsummiert werden (Moosbrugger & Kelava, 2012) :

$$P(a_v) = \sum_{g=1}^G \pi_g \prod_{i=1}^m P_{ig}$$

Darauf aufbauend, kann die Wahrscheinlichkeit für jedes Antwortmuster bestimmt werden, mit der sich die entsprechende Person in der Klasse g befindet. Diese bedingte Klassenzuordnungswahrscheinlichkeit, lässt sich aus dem Bayes-Theorem ableiten (Moosbrugger & Kelava, 2012):

$$P(g|a_v) = \frac{\pi_g P(a_v|g)}{P(a_v)}$$

Die Klassenzugehörigkeit wird dabei anhand der maximalen Zuordnungswahrscheinlichkeit bestimmt (Rost, 2004). Da die Personen durch das Vorgehen nicht manifest zu einer Klasse zugeordnet werden, sondern lediglich die Wahrscheinlichkeit einer Klassenzugehörigkeit bestimmt wird, ist der Messfehler bereits im Modell enthalten, weshalb keine weiteren nachträglichen Fehlerbetrachtungen notwendig sind (Rost, 2004).

Für die Berechnung der latenten Profilanalyse wurde MPlus (Version 8.2) verwendet. Da sich das Forschungsfeld zu personenzentrierten Ansätzen noch in Entwicklung befindet, gibt es für das Vorgehen sowie hinsichtlich der einzelnen Parameter bisher keine einheitlichen Richtlinien (Hickendorff et al., 2018). Hickendorff

et al. (2018) schlagen deshalb für das Vorgehen drei Schritte vor: das Bestimmen der Profilanzahl, die Interpretation des ausgewählten Modells sowie eine Charakterisierung der Profile durch externe Variablen.

Daher wurden zunächst Modelle mit unterschiedlichen Profilzahlen gegeneinander getestet (Ching & Nunes, 2017; Hickendorff et al., 2018; Marsh et al., 2009). In Mplus werden die Modellgüte- und Parameterschätzwerte mittels eines iterativen Schätzverfahrens (Maximum-Likelihood-(ML)-Schätzmethode) ermittelt, dessen Ziel eine Maximierung der Likelihood-Funktion ist (Geiser, 2011). Dafür ist eine ausreichend hohe Zahl an Startwertesets und Iterationen zu wählen, um die optimale Lösung zu identifizieren und dabei lokale Maxima zu vermeiden (Geiser, 2011). In Anlehnung an die bisherige Literatur zur Anwendung personenzentrierter Ansätze sowie der Anzahl bisher identifizierter Profile, werden hier Modelle mit $k = 2$ bis $k = 5$ Profilen getestet (siehe dafür Abschnitt 2.5). Dabei sollte die Entscheidung, welches Modell am besten passt, anhand der Modellfit-Werte sowie ebenfalls der Theorie und der Interpretierbarkeit der Ergebnisse getroffen werden (Bauer et al., 2018; Ching & Nunes, 2017; Hickendorff et al., 2018; Marsh et al., 2009; Pastor et al., 2007).

Für eine Beurteilung des Modellfits wird häufig der relative Modellfit herangezogen, da es beim absoluten Modellfit (Betrachtung der Pearson- und Likelihood-Ratio-Statistik) aufgrund von Verletzungen der Verteilungsvoraussetzung bei zu kleinen Stichproben zu Problemen kommen kann. Der relative Modellfit gibt an, wie ein Modell im Vergleich zu einem anderen Modell mit mehr oder weniger Profilen zu bewerten ist (Geiser, 2011). Dabei kann zwischen Informationsparametern (ICs) und den *approximate likelihood-ratio tests* (LRTs) unterschieden werden (Geiser, 2011; Grimm et al., 2016). Erstere sind deskriptive Maße für den Modellvergleich und beziehen neben der Passung auch die Modellsparsamkeit mit ein (Geiser, 2011). Diese Werte können verwendet werden, um zwei Modelle miteinander zu vergleichen, welche sich in der Anzahl der Profile um lediglich ein Profil unterscheiden (Grimm et al., 2016). Dazu gehören das Akaike'sche Informationskriterium (AIC), das bayessche Informationskriterium (BIC) und das angepasste bayessche Informationskriterium (aBIC). Geringere Werte deuten dabei auf eine bessere Passung des Modells hin (Ching & Nunes, 2017; Flaig et al., 2018; Flunger et al., 2015).

Die LRTS ermöglichen es, ein Modell mit G Profilen statistisch gegen ein Modell mit $G-1$ Profilen zu testen (Geiser, 2011; Grimm et al., 2016). Die LRTs liefern einen p -Wert mithilfe dessen entschieden werden kann, ob ein Modell mit G Profilen besser passt ($p < 0.05$) als ein Modell mit $G-1$ Profilen ($p > 0.05$) (Asparouhov & Muthén, 2012; Ching & Nunes, 2017; Grimm et al., 2016; Nylund et al., 2007; Pastor et al., 2007). Wird der p -Wert dabei nicht signifikant, so ist von der Hinzunahme eines weiteren Profils abzusehen und das sparsamere Modell zu wählen (Hickendorff et al., 2018). Dazu gehören das Vuong-Lo-Mendell-Rubin LRT (VL-LRT), der angepasste Lo-Mendell-Rubin LRT (aLMR LRT) sowie der Bootstrap-Likelihood-Ratio-Differenztest (BLRT). Diese können in Mplus durch die Output-Optionen Tech 11 und Tech 14 angefordert werden (Asparouhov & Muthén, 2012; Nylund et al., 2007).

Nylund et al. (2007) haben in ihrer Studie die unterschiedlichen Fit-Parameter gegeneinander getestet und identifizierten den BLRT als bestes Kriterium sowie den BIC als zweitbesten Parameter. Darüber hinaus kann auch die Qualität der einzelnen Modelle hinsichtlich der Zuteilung der Individuen zu Profilen anhand der Zuordnungswahrscheinlichkeiten sowie der für die Auswertung einfacher interpretierbaren *Entropie* betrachtet werden (Ching & Nunes, 2017; Flaig et al., 2018). Diese kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen, wobei ein höherer Wert auf eine klarere Trennung der unterschiedlichen Profile hindeutet (Asparouhov & Muthén, 2018). Ein Wert größer als 0.70 kann dabei als adäquater Wert für die Qualität der Verteilung betrachtet werden (Flunger et al., 2015; Kampa et al., 2016). Des Weiteren sollte die Größe jedes Profils näher untersucht werden, da ein sehr kleines Profil zu einer Instabilität der berechneten Parameter führen kann (Ching & Nunes, 2017). Deshalb sollen hier nur Profillösungen akzeptiert werden, bei denen die einzelnen Profile über 5 % der Stichprobe enthalten.

Beim zweiten Schritt, der Interpretation des ausgewählten Modells, wird neben einer Interpretation der Muster basierend auf der Theorie auch eine Benennung der Profile vorgenommen. Im dritten Schritt sollen die Profile mittels externer Variablen charakterisiert werden (Hickendorff et al., 2018). Dafür wurde in Mplus die hierfür empfohlene *auxiliary* BCH- Methode verwendet, die auf dem Prinzip einer gewichteten Varianzanalyse beruht, wobei die Messfehler der latenten Profilzuordnungen mit

berücksichtigt werden (Asparouhov & Muthén, 2014; Bakk & Vermunt, 2016). Mithilfe dieser Methode können signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der latenten Klassen bezüglich der jeweiligen Kovariaten identifiziert werden.

Anschließend werden mittels der latenten Transitionsanalyse (LTA) die Wahrscheinlichkeiten für Wechsel der Profilzugehörigkeit zwischen den Messzeitpunkten ermittelt (sogenannte Transitionswahrscheinlichkeiten) (Hickendorff et al., 2018). Die latente Transitionsanalyse stellt somit die längsschnittliche Erweiterung der latenten Klassen- bzw. Profilanalyse dar und konnte bereits erfolgreich in anderen Bereichen eingesetzt werden, wie zum Beispiel beim Verhalten in Bezug auf Hausaufgaben (Flunger et al., 2015) oder im Bereich des *Conceptual Change* (Flaig et al., 2018; Schneider & Hardy, 2013).

Die latente Transitionsanalyse basiert dabei auf einem autoregressiven Modell, bei der die latente Klassenvariable für den Zeitpunkt t auf die latente Klassenvariable des Zeitpunktes $t-1$ regressiert wird, d.h. beispielsweise t_2 auf t_1 und t_3 auf t_2 (siehe auch Nylund, 2007). Für die Berechnung der latenten Transitionsanalyse wurde ebenfalls MPlus (Version 8.2) verwendet. Es wurde dafür pro Messzeitpunkt über die latente Profilanalyse die am besten passendste Profillösung ermittelt und die entsprechenden Profile anschließend im latenten Transitionsmodell für die drei Messzeitpunkte vorgegeben (Hickendorff et al., 2018). Mplus gibt dann die Transitionswahrscheinlichkeiten basierend auf dem geschätzten Modell aus (Flaig et al., 2018).

9.1.7 Bivariate Korrelationsanalysen

Um den Zusammenhang zwischen zwei intervallskalierten Variablen zu bestimmen, wurden bivariate Korrelationsanalysen verwendet. Der Korrelationskoeffizient r beschreibt dabei die Stärke des Zusammenhangs und kann Werte zwischen -1 (negativer linearer Zusammenhang) und $+1$ (positiver linearer Zusammenhang) annehmen. Bei einem Wert von $r = 0$ liegt kein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen vor. Werte von $r \geq .10$ gelten als kleine Effekte, während Werte von $r \geq .30$ als mittlere und Werte von $r \geq .50$ als große Effekte bezeichnet werden (Döring & Bortz,

2016). Für die Berechnung der bivariaten Korrelationen wurde IBM SPSS Statistics (Version 23) verwendet (siehe dafür Field, 2009). Um die Korrelationen hinsichtlich der Stärke des Zusammenhangs vergleichen zu können, wird auf die z-Transformation nach Fisher zurückgegriffen (Bortz & Schuster, 2010).

9.2 Qualitative Analysemethoden

In diesem Kapitel wird zunächst die Codierung und Kategorisierung der schriftlichen *Concept Cartoon*-Antworten der Lernenden erläutert (Abschnitt 9.2.1), mittels derer geprüft wird, welche Teilbereiche biomedizinischer epistemischer Überzeugungen sich mithilfe der *Concept Cartoons* gegenüber dem Fragebogen erfassen lassen (Forschungsfrage 1f). Anschließend wird auf die qualitative Inhaltsanalyse eingegangen (Abschnitt 9.2.2). Diese wird hier auf die Gruppendiskussionsbeiträge und *Concept Cartoon*-Antworten angewendet, um so eine Charakterisierung des unverbindlichen Profils durchzuführen (Forschungsfrage 2c).

9.2.1 Codierung der Schülerantworten zu den *Concept Cartoons*

Um die Schülerantworten zu den *Concept Cartoons* für weitergehende Analysen nutzbar zu machen, müssen die Antworttexte der Schülerinnen und Schüler in numerische Daten überführt werden (Hammann & Jördens, 2014). Dieser Prozess besteht dabei aus zwei Schritten: der *Kategorienbildung* und der *Codierung*, welche eine Reduktion der Datenmenge von der Vielzahl an Schülerantworten hin zu wenigen Kategorien ermöglichen (Hammann & Jördens, 2014). Bei der Kategorienbildung ist zunächst das Ziel, Kategorien zu erstellen, in welche die Antworten anschließend im Schritt der Codierung in übergeordneten Gruppen zusammengefasst werden können (Hammann & Jördens, 2014). Die Kategorien wurden dabei nach Hammann und Jördens (2014) im ersten Schritt aus der Literatur abgeleitet (deduktive Kategorienbildung). Anschließend wurden diese theoretisch fundierten Kategorien sowie ihre Beschreibungen und Abgrenzungen durch die Antworten der Teilnehmenden ausgeschärft und erweitert (induktive Kategorienbildung).

Um eine einheitliche Codierung der Antworten zu gewährleisten, wurde ein Codierleitfaden (siehe Anhang E) erstellt. Ein Codierleitfaden besteht aus der Bezeichnung und Definition der Kategorie sowie Codierregeln und Beispielen (Hammann & Jördens, 2014). Darüber hinaus enthält der Codierleitfaden jeweils den numerischen Code, der anschließend für die jeweilige Kategorie weiterverwendet werden soll. Die Codierregeln sollen dabei zum einen deutlich machen, warum eine bestimmte Antwort dieser Kategorie zuzuordnen ist und zum anderen Abgrenzungen zwischen einzelnen Kategorien aufzeigen (Hammann & Jördens, 2014). Als Beispiele wurden in Anlehnung an Hammann und Jördens (2014) sowohl Anker- als auch Abgrenzungsbeispiele verwendet. Während erstere typische Antworten für diese Kategorie aufzeigen, dienen letztere dazu, bei untypischen Antworten bzw. Unsicherheiten eine klare Zuordnung zur passenden Kategorie zu ermöglichen (Hammann & Jördens, 2014).

Der Codierleitfaden enthält für jeden *Concept Cartoon* zu einer Dimension epistemischer Überzeugungen einen eigenen Abschnitt. Die Abschnitte sind dabei analog aufgeteilt und weisen neben den Kategorien „*Daten fehlen*“ und „*Nicht zuordenbar*“ jeweils einen Kategorienblock zur Zustimmung zu der einen Cartoon-Person (naivere Position), einen Kategorienblock zur Zustimmung zu der anderen Cartoon-Person (sophistiziertere Position) sowie einen Kategorienblock zu einer abwägenden Position zu den Aussagen der beiden Cartoon-Personen auf. Jeder Kategorienblock besteht aus drei Kategorien, die das Erklärungsniveau der Antwort berücksichtigen („*unbegründet*“, „*inadäquat begründet*“, „*begründet*“). Durch die Erfassung von abwägenden Haltungen kann an dieser Stelle der Kritik an Fragebögen begegnet werden, welche epistemische Überzeugungen lediglich zwischen den zwei Polen naiv und sophistiziert erfassen können. Dies ist insbesondere bedeutsam, da ein Abwägen der Meinungen gegenüber einem Richtig-Falsch-Denken vorgezogen wird (Neumann & Kremer, 2013). So schreiben Hofer und Pintrich (1997, S.121): *„In spite of the various approaches, methodologies, samples, and designs, there is agreement across studies as to the general trend of development. Within these models it appears that the view of knowledge is transformed from one in which knowledge is right or wrong to a position of relativism and then to a position in which individuals are active constructors of meaning able to make judgments and commitments in a relativistic context.“*

Für die Codierung wurden die Antworten der Lernenden von zwei unabhängigen Personen den Kategorien zugeordnet und ihre Übereinstimmung geprüft, welche durch den sogenannten Interrater-Reliabilitätskoeffizienten angegeben wird (Hammann & Jördens, 2014). Dafür wird häufig der Cohens Kappa verwendet, welcher sich von der prozentualen Beobachterübereinstimmung dahingehend unterscheidet, dass ebenfalls die zufällig erwartete Übereinstimmung in die Berechnung mit eingeht (Hammann & Jördens, 2014). Cohens κ kann dabei einen Wert zwischen -1 und 1 annehmen, wobei ein höherer Wert auf eine bessere Übereinstimmung hindeutet (Döring & Bortz, 2016). Die Interpretation nach Landis und Koch (1977) ist in Tabelle 7 dargestellt (Übersetzung der Interpretation nach Arnold (2015)).

Tabelle 7: Interpretation von Cohens Kappa nach Landis und Koch (1977, S. 165), Übersetzung nach Arnold (2015).

κ	Interpretation der Übereinstimmung
< 0.00	schlecht
0.00 - 0.20	schwach
0.21 – 0.40	ausreichend
0.41 – 0.60	moderat
0.61 – 0.80	erheblich
0.81 - 1.00	fast perfekt

Im ersten Schritt wurden dafür die ersten 25 % der Antworten der Lernenden von den zwei Personen codiert. Nach einer Zwischenevaluierung der Übereinstimmung konnten im nächsten Schritt alle weiteren Antworten von den zwei Personen codiert werden und abschließend auf die Interrater-Übereinstimmung geprüft werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Interrater-Übereinstimmung für die Codierung der Antworten zu den *Concept Cartoons*.

<i>Concept Cartoon</i>	Interrater-Übereinstimmung [κ]
Entwicklung	0.66
Quelle	0.83
Sicherheit	0.96
Rechtfertigung	0.83
GESAMT	0.83

Demnach liegt die Interrater- Übereinstimmung für alle vier Cartoons mit einem Wert von $\kappa = 0.83$ in einem fast perfekten Bereich. Die Werte für die einzelnen *Concept Cartoons* liegen dabei ebenfalls in einem erheblichen bis fast perfekten Bereich.

Zum Schluss einigten sich die codierenden Personen bei den nicht übereinstimmenden Antworten auf jeweils eine Kategorie, sodass jede Antwort der Schülerinnen und Schüler eindeutig zugeordnet wurde. Jeder Kategorie wurde dabei eine numerische Codierung zugewiesen. Die Daten wurden anschließend eingegeben und die Häufigkeiten der einzelnen Kategorien mit IBM SPSS Statistics (Version 23) berechnet.

9.2.2 Qualitative Inhaltsanalyse der Beiträge aus den Concept Cartoons und der Gruppendiskussion

Das Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse besteht nach Krüger und Riemeier (2014) aus drei Schritten: der Erhebung (siehe dafür Abschnitt 8.1.2), der Aufbereitung sowie der Auswertung der qualitativen Daten. In dieser Arbeit besteht die *Aufbereitung der Daten* neben der Transkription der Gruppendiskussionen aus der Digitalisierung der schriftlichen Schülerantworten zu den Cartoons und dem Zusammentragen der Beiträge einer Person beider Formate sowie dem anschließenden Redigieren der Aussagen (Krüger & Riemeier, 2014). Für die *Transkription* der Gruppendiskussionen standen sowohl Audio-als auch Videoaufnahmen zur Verfügung (siehe Abschnitt 8.3.2). Während die Audioaufnahmen zunächst für die Transkription der Beiträge verwendet wurden, sollten die Videoaufnahmen genutzt werden, um die jeweiligen Beiträge den Codes der einzelnen Schülerinnen und Schüler zuzuordnen. Um bei der Transkription einen wissenschaftlichen Standard zu gewährleisten, wurden diesem Prozess Transkriptionsregeln zu Grunde gelegt (Kuckartz et al., 2007). In Anlehnung an Kuckartz et al. (2007) wurden in dieser Interventionsstudie bewusst einfache Regeln zur Transkription gewählt, da hier die inhaltlichen Aspekte der Gruppendiskussionen von überwiegendem Interesse sind (die Transkriptionsregeln befinden sich im Anhang F).

Das Transkript beginnt bzw. endet dabei stets mit dem Einleiten bzw. Beenden der Gruppendiskussion durch die Person, welche die Nachbereitungsstunde durchführte

(in Anlehnung an Seidel et al. (2003)). Um den Datenschutz zu gewährleisten, wurden an den einzelnen Gruppentischen Namensschilder mit den jeweiligen Codes der Schülerin bzw. des Schülers verwendet (Seidel et al., 2003), welche mit den Codes aus der Fragebogenerhebung übereinstimmten. In den Transkripten wurden die Lernenden weiter durchnummeriert und die Zahlen statt der Codes weiterverwendet, sodass bei den betrachteten Lernenden von den Schülerinnen und Schülern eins bis acht gesprochen wird.

Die Transkription wurde in zwei Durchgängen angefertigt. Zunächst erfolgte eine Transkription der Aufnahmen durch eine erste Person. Im zweiten Schritt wurden die Aufnahmen zur Kontrolle von einer zweiten Person erneut gehört und mit den vorliegenden Transkripten verglichen (in Anlehnung an Dressing und Pehl (2015)). Dabei wurden Unsicherheiten beim Transkribieren durch die erste Person stets vermerkt, sodass die zweite Person hier die Möglichkeit hatte, diese Stellen gesondert zu untersuchen. Sofern Unsicherheit darüber bestand, welche Schülerin bzw. welcher Schüler gerade spricht, konnte ein Fragezeichen anstatt des Codes verwendet werden, sodass die kontrollierende Person nochmals gezielt prüfen konnte, auf wen eine Äußerung zurückzuführen war (in Anlehnung an Seidel et al. (2003)). Anschließend wurden die Diskussionsbeiträge sowie die schriftlichen Meinungsäußerungen der Schülerinnen und Schüler des zu charakterisierenden unverbindlichen Profils auf den *Concept-Cartoon*-Arbeitsblättern pro Person zusammengestellt (siehe Anhang H).

Lagen die gesammelten Aussagen pro Person aus den *Concept Cartoons* sowie den Gruppendiskussionen vor, konnte mit dem *Redigieren* der Aussagen fortgefahren werden (Krüger & Riemeier, 2014). Dieser Überarbeitungsprozess kann in vier Arbeitsschritte unterteilt werden: das Paraphrasieren, das Selegieren, das Auslassen sowie das Transformieren. Begonnen wird dabei mit einer leichten Glättung der Aussagen hin zu vollständigen, grammatikalisch korrekten Sätzen, wobei der Sprachstil der Person nicht verändert wird (*Paraphrasieren*) (Krüger & Riemeier, 2014). Anschließend werden relevante Aussagen herausgearbeitet sowie inhaltsgleiche Aussagen gruppiert, ohne die ursprüngliche Reihenfolge zu verändern (*Selegieren*) (Krüger & Riemeier, 2014). Es folgt eine Kürzung des Gesamttextes durch die Entfernung nicht relevanter bzw. redundanter Aussagen (*Auslassen*) (Krüger & Riemeier, 2014). Der

daraus resultierende Text wird dann so umformuliert, dass er pro Individuum unabhängig von den anderen Gruppendiskussionsbeiträgen analysiert werden kann (*Transformieren*) (Krüger & Riemeier, 2014).

Die sich anschließende *Auswertung* beginnt mit dem Ordnen der Aussagen, gefolgt von der Explikation sowie der Einzelstrukturierung (Krüger & Riemeier, 2014). Bei dem ersten Schritt des *Ordnen der Aussagen* werden inhaltlich ähnliche Aussagen, sowohl induktiv als auch deduktiv, in Kategorien zusammengestellt sowie innerhalb dieser in eine Reihenfolge gebracht (Krüger & Riemeier, 2014). Widersprüchliche Aussagen werden dabei einer eigenen Kategorie zugeordnet (Krüger & Riemeier, 2014). Die einzelnen Aussagen der Schülerinnen und Schüler werden daraufhin in einen Fließtext umformuliert und Auffälligkeiten werden dokumentiert (*Explikation*) (Krüger & Riemeier, 2014). Bei der sich anschließenden *Einzelstrukturierung* geht es darum, den Aussagen eine inhaltliche Struktur zu verleihen und die einzelnen Vorstellungen in Einheiten zu bündeln. Dadurch wird die Auswertung mehrerer Probanden erleichtert (Krüger & Riemeier, 2014). Markiert wird, welchen Vorstellungen die Lernenden zustimmen („·“), welche sie ablehnen („-“) und welche sie hinterfragen („?“) (Krüger & Riemeier, 2014).

9.3 Voranalysen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Voranalysen der eingesetzten Instrumente vorgestellt. Dabei wird zunächst auf die Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse eingegangen (Abschnitt 9.3.1). Daraufhin werden die Reliabilitäten der hier eingesetzten quantitativen Instrumente berichtet (Abschnitt 9.3.2). Anschließend werden in Abschnitt 9.3.3 die Ergebnisse der Rasch-Analyse für die Fachwissensitems vorgestellt, mittels derer die vorherigen Rohdaten des Fachwissenstests in lineare Daten transformiert wurden.

9.3.1 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Um zu überprüfen, inwiefern die theoretisch angenommene Faktorenstruktur der Konstrukte zu den Daten passt, wurde jeweils eine konfirmatorische Faktorenanalyse

berechnet (siehe Abschnitt 9.1.2). Die Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse für das Instrument zur Erfassung epistemischer Überzeugungen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Zur Gewährleistung eines guten Modellfits mussten drei Items aus der Dimension Rechtfertigung für weitere Analysen ausgeschlossen werden: „Die Ideen zu biomedizinischen Experimenten kommen daher, dass man neugierig ist und darüber nachdenkt, wie etwas funktioniert.“, sowie „Es ist wichtig, eine konkrete Vorstellung zu haben, bevor man mit einem Experiment beginnt.“ und „Gute Ideen in der Biomedizin können von jedem kommen, nicht nur von Wissenschaftlern/innen der Biomedizin.“

Tabelle 9: Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse für das Instrument zur Erfassung epistemischer Überzeugungen.

	χ^2	df	RMSEA	SRMR	TLI	CFI
Prä (N = 306)	373.950	76	0.047	0.058	0.856	0.873
Post (N = 304)	358.965	81	0.046	0.054	0.922	0.932
Follow-up (N = 268)	422.233	81	0.059	0.066	0.892	0.907

Die Werte mit der finalen Itemauswahl liegen für den RMSEA (.046 - .059) und SRMR (.054 - .066) in einem guten bis akzeptablen Bereich. Die CFI- bzw. TLI-Werte liegen unter dem gewünschten Wert von > .95. Dennoch wird aufgrund der Verbesserung im Verlaufe der Intervention und den guten Reliabilitäten dieser Skalen (siehe Abschnitt 9.3.2) die theoretisch angenommene Faktorenstruktur als bestätigt angesehen. Die Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalysen für die anderen Instrumente sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Alle Werte liegen in einem guten bis akzeptablen Bereich, sodass die Faktorenstrukturen als bestätigt angenommen werden können. Lediglich bei der Skala zur kognitiven Belastung musste ein Item für weitere Analysen ausgeschlossen werden: „In die Lösung oder Bearbeitung der vorangegangenen Aufträge investiere ich: (geringe bis hohe Anstrengung)“. Die finale Lösung der Skala liegt ebenfalls in einem guten bis akzeptablen Bereich.

Tabelle 10: Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalysen für die Instrumente zur Erfassung des individuellen Interesses an Biomedizin, des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) sowie des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.

Individuelles Interesse an Biomedizin						
	χ^2	<i>df</i>	RMSEA	SRMR	TLI	CFI
Prä (N = 306)	43.856	27	0.072	0.032	0.961	0.976
Post (N = 304)	37.232	25	0.056	0.025	0.978	0.985
Follow-up (N = 268)	41.426	26	0.070	0.032	0.967	0.979
Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen)						
	χ^2	<i>df</i>	RMSEA	SRMR	TLI	CFI
Prä (N = 306)	4.159	16	0.011	0.020	0.998	0.999
Post (N = 304)	7.931	15	0.044	0.023	0.980	0.990
Follow-up (N = 267)	6.812	16	0.051	0.020	0.982	0.993
Situationalen Interesse						
	χ^2	<i>df</i>	RMSEA	SRMR	TLI	CFI
Situationalen Interesse (N = 230)	79.912	45	0.058	0.033	0.970	0.980
Kognitive Belastung (N = 230)	51.938	29	0.068	0.049	0.919	0.943

9.3.2 Reliabilitätsanalysen

Für die eingesetzten quantitativen Instrumente wurden anschließend die Reliabilitäten geprüft. Diese geben an, wie zuverlässig ein Instrument ein Personenmerkmal misst (siehe hierfür auch Döring & Bortz, 2016; Field, 2009). Für die Überprüfung der Reliabilität wird üblicherweise auf die Berechnung des Cronbachs-Alpha-Koeffizienten zurückgegriffen. Wilde et al. (2009) sehen einen Wert von $\alpha \geq .70$ als erstrebenswert an.

Die Cronbachs-Alpha-Werte für die Skalen zu den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Reliabilität der Subskalen des Instruments zur Erfassung epistemischer Überzeugungen.

Skala	Beispielitem	<i>n</i> Items	$\alpha_{\text{Prä}}$	α_{Post}	α_{Fu}
Sicherheit	„Alle Fragen in der Biomedizin haben genau eine Lösung.“	6	.68	.76	.75
Quelle	„Was Wissenschaftler/innen der Biomedizin herausfinden, muss man glauben.“	5	.61	.73	.74
Rechtfertigung	„Es ist wichtig, Experimente mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern.“	6	.54	.75	.82
Entwicklung	„Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Wissenschaftler/innen der Biomedizin für wahr halten.“	6	.73	.80	.83

Die Reliabilitäten zum Prä-Messzeitpunkt ($.54 < \alpha_{\text{Prä}} < .73$) sind dabei etwas niedriger als zum Post- ($.73 < \alpha_{\text{Post}} < .80$) bzw. Follow-up-Messzeitpunkt ($.74 < \alpha_{\text{Fu}} < .83$). Da die Werte sich zum Post- und Follow-up-Messzeitpunkt verbessern und dann über dem erstrebenswerten Wert von $\alpha \geq .70$ liegen (Wilde et al., 2009) und außerdem vergleichbar mit Werten aus bisherigen Studien sind ($.41 < \alpha < .86$) (Chen, 2012; Conley et al., 2004; Urhahne & Hopf, 2004), sind die Reliabilitäten in dieser Studie als akzeptabel zu bezeichnen.

Die Werte zu den anderen Skalen befinden sich in Tabelle 12. Bis auf den Reliabilitätswert der Vertrauensskala zum Prä-Messzeitpunkt liegen alle anderen Reliabilitäten im gewünschten Bereich von $\alpha \geq .70$ nach Wilde et al. (2009).

Tabelle 12: Reliabilität der Instrumente zur Erfassung des individuellen Interesses an Biomedizin, des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen), des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.

Skala	Beispielitem	<i>n</i> Items	$\alpha_{\text{Prä}}$	α_{Post}	α_{Fu}
Individuelles Interesse an Biomedizin	„Themen der Biomedizin sind spannend.“	8	.89	.90	.90
Vertrauen in die Wissenschaft (ler/innen)	„Wir sollten darauf vertrauen, dass Wissenschaftler/innen der Biomedizin bei ihrer Arbeit ehrlich sind.“	5	.65	.72	.79
Situationales Interesse	„Der Projekttag hat mir Spaß gemacht.“	12		.92	
Kognitive Belastung	„Wie einfach oder schwer waren die vorangegangenen Aufträge zu verstehen?“	9		.79	

Da sich die Reliabilität der Vertrauensskala zum Post- und Follow-up-Messzeitpunkt verbessert, kann die geringe Reliabilität zum Prä-Messzeitpunkt akzeptiert werden. Auf die Reliabilität des Fachwissenstests wird im Abschnitt 9.3.3 gesondert eingegangen.

9.3.3 Rasch-Analyse für die Fachwissensitems

Um zunächst die Qualität des Instruments zu untersuchen, werden im Folgenden die bereits in Abschnitt 9.1.3 erläuterten Parameter näher betrachtet. Die Reliabilitätswerte, sowohl für die untere (*real*) als auch die obere Grenze (*model*) der Reliabilität, für Personen und Items sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Reliabilitätswerte für Items und Personen bezüglich des Fachwissenstests.

Reliabilität	Real	Model
Item	.99	.99
Person	.50	.55
Cronbachs Alpha (KR-20)	.56	

Der Item-Reliabilitätswert von .99 (*real*) deutet darauf hin, dass von einer Reproduzierbarkeit der Itemhierarchie ausgegangen werden kann, wenn eine andere Stichprobe das gleiche Set an Items bearbeiten würde. Außerdem zeigt der Wert, dass die Auftrennung in schwere und leichte Items ausreichend gut ist. Es sei an dieser Stelle aber angemerkt, dass ein hoher Item-Reliabilitätswert mit einer großen Stichprobe einhergehen kann und deshalb unbedingt der Item-Separationswert (s.u.) mitbetrachtet werden sollte (Bond & Fox, 2015). Der Personen-Reliabilitätswert kann analog zu klassischen Reliabilitätswerten, wie z.B. Cronbach's α , interpretiert werden, wobei ein Wert nahe 1 auf eine hohe interne Konsistenz hindeutet (Boone et al., 2014). Für den Fachwissenstest liegt der Personen-Reliabilitätswert mit .50 in einem noch angemessenen Bereich bis Grenzbereich der reliablen Messung (Boone et al., 2014; Lienert & Ratz, 1998). Es ist also anzumerken, dass nur eingeschränkt davon ausgegangen werden kann, dass sich diese Personenhierarchie mit einem anderen Set an Items bei dieser Stichprobe gleichermaßen zeigen würde. Außerdem kann demnach die Auftrennung der Personen nach ihrer Fähigkeit als gerade noch ausreichend akzeptabel eingeschätzt werden.

Zusätzlich zu den Reliabilitätswerten werden von Winsteps (Linacre, 2017) ebenfalls zwei Werte für Items sowie Personen für die *Separation* ausgegeben. Eine Übersicht der Separationswerte für Personen und Items ist in der Tabelle 14 zusammengestellt.

Tabelle 14: Separationswerte für Items und Personen bezüglich des Fachwissenstests.

Separation	Real	Model
Item	11.30	11.60
Person	1.01	1.10

Der Item-Separationswert liegt über dem für Gruppenanalysen notwendigen Wert von 2.5 (Boone et al., 2014). Der Separationswert für Items deutet somit darauf hin, dass die Stichprobe ausreicht, um die Schwierigkeitshierarchie der Items und damit die

Konstruktvalidität abzusichern (Boone et al., 2014). Der Personen-Separationswert liegt hingegen unter dem akzeptablen Wert von 1.5, was darauf hindeutet, dass das vorliegende Instrument die Unterschiede zwischen Lernenden mit hohem bzw. geringem Fachwissen nicht sensitiv genug erfasst (Boone et al., 2014). Insgesamt lassen die Reliabilitäts- sowie Separationswerte die Verwendung des Instruments für Gruppenvergleiche zu, auch wenn dies aufgrund der Limitation einer reliablen Messung nur eingeschränkte Schlüsse erlaubt.

Zur Überprüfung der Konstruktvalidität werden im Folgenden die Fit-Werte, die Trennschärfen der Items sowie die Wright-Map näher betrachtet (Arnold, 2015). Eine Übersicht über die *Fit*-Werte der Items findet sich in Tabelle 15. Die MNSQ-Werte liegen sowohl für den *Outfit* als auch für den *Infit* im angestrebten Bereich von $0.5 \leq \text{MNSQ} \leq 1.5$, weshalb die ZSTD-Werte nicht weiter untersucht werden müssen. Somit weisen die Daten eine angemessene Passung zum Modell auf.

Tabelle 15: Infit- und Outfit-Werte für die Fachwissensitems¹⁹.

Item	Infit		Outfit	
	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
FW_01	.97	-.5	.87	-1.3
FW_02	.93	-1.5	.89	-1.3
FW_03	1.21	4.0	1.31	3.4
FW_04	1.17	5.6	1.23	4.1
FW_05	.92	-2.7	.89	-2.4
FW_06	.85	-5.6	.76	-5.2
FW_07	.89	-3.3	.87	-2.0
FW_08	.85	-3.4	.84	-2.2
FW_09	1.09	2.5	1.17	2.5
FW_10	.99	-.3	1.00	-.1
FW_11	1.12	3.8	1.14	3.0
min.	.85	-3.4	.76	-5.2
max.	1.21	5.6	1.31	4.1
<i>M</i>	1.00	-.1	1.00	-.1

¹⁹ Die Fachwissensitems stimmen in ihrer Nummerierung der Reihenfolge in dem Fragebogen überein. Für eine Übersicht über die Fachwissensitems siehe Abschnitt 8.3.1 oder im Anhang D.

Die *Trennschärfe* der Items ist in Tabelle 16 dargestellt. Die Werte sind positiv, was bestätigt, dass die Items mit der latenten Variable einhergehen, und sie überschreiten für jedes Item den gewünschten Wert von .25 (Adams, 2002, S.102). Weiterhin zeigt sich beim Vergleich der Korrelationen (corr.) mit den erwarteten Werten (exp.), dass erstere maximal um .15 von den erwarteten Werten abweichen. Somit weisen alle Items in der Trennschärfe zufriedenstellende Werte auf (Adams, 2002).

Tabelle 16: Trennschärfe der Fachwissensitems.

Item	<i>PT-measure (r)</i>	
	Corr.	Exp.
FW_01	.39	.36
FW_02	.50	.44
FW_03	.29	.44
FW_04	.30	.43
FW_05	.51	.45
FW_06	.56	.44
FW_07	.49	.41
FW_08	.55	.45
FW_09	.33	.41
FW_10	.46	.45
FW_11	.36	.45
min.	.29	.36
max.	.56	.45
<i>M</i>	-	-

In Abbildung 15 ist die *Wright-Map* für die *gestackte* Stichprobe dargestellt. Dort sind sowohl die Personen anhand ihrer Fähigkeit (linke Seite) als auch die Items anhand ihrer Schwierigkeit (rechte Seite) in Logits entlang einer eindimensionalen Linie aufgetragen, welche das zu messende Konstrukt repräsentiert (Boone et al., 2014; Boone, 2016). Während oben die Personen höherer Fähigkeit bzw. die schwierigeren Items aufgetragen sind, befinden sich unten die Personen geringerer Fähigkeit bzw. die leichteren Items. Sowohl die Personenmesswerte als auch die Itemmesswerte werden dabei in der gleichen Einheit (*Logits*) angegeben (Boone et al., 2014). Des Weiteren sind

die mittlere Personenfähigkeit sowie die mittlere Itemschwierigkeit der *Wright-Map* zu entnehmen (gekennzeichnet mit „*M*“).

Es zeigt sich außerdem eine leichte Anhäufung von Items in der Mitte, was nach Neumann (2014) auch hilfreich sein kann, da sich hier die meisten Personen befinden, die es mithilfe der Items zu differenzieren gilt. Generell decken die Items die Stichprobe einigermaßen gut ab, auch wenn sich vereinzelt Lücken aufzeigen. Für diese müssen in weitergehenden Analysen Items entwickelt werden, da in diesen Bereichen nicht zwischen den dort liegenden Personen hinsichtlich ihrer Fähigkeit differenziert werden kann (Neumann, 2014). Anhand der Hierarchie der Items kann auf die verschiedenen Ebenen des Verständnisses hinsichtlich der Inhalte der Einheit geschlossen werden (Neumann, 2014). Inhaltlich macht die Hierarchie der Items prinzipiell Sinn: Im Bereich der mittleren Itemschwierigkeit sowie darum herum liegen demnach Aufgaben, die sich auf die Inhaltsbereiche beziehen, die intensiv in der Einheit behandelt wurden. Da beachtet werden muss, dass sowohl die Messwerte der Kontrollgruppe zu allen drei Messzeitpunkten als auch die Prä-Messungen in den Interventionsgruppen in die Analysen einbezogen wurden, erscheint die mittige Platzierung solcher Items inhaltlich sinnvoll, da diese zu Beginn bzw. insgesamt für die Kontrollgruppe schwierig und für die Interventionsgruppen anschließend aber leichter sein müssten. Darüber hinaus befindet sich das Item FW_01 mit einem Inhalt des Allgemeinwissens, wie vorher angenommen, ganz unten. Die schwierigsten Items sind jene, denen entweder ein komplexerer Themeninhalt zu Grunde lag (z.B. *Trade-Off*-Effekte) oder Themeninhalte, die im Rahmen dieser Einheit nur relativ knapp behandelt wurden, was ihre Positionierung im oberen Schwierigkeitsbereich ebenfalls plausibilisiert. Außerdem liegen sowohl sehr leichte (weit unter 50 % der Lösungswahrscheinlichkeit) als auch sehr schwierige Aufgaben (weit über 50 % der Lösungswahrscheinlichkeit) vor. Dies alles lässt auf eine relativ valide Messung schließen, die allerdings mit Einschränkungen verbunden ist. Darüber hinaus kann der Fachwissenstest (betrachtet über die ganze Stichprobe und alle Messzeitpunkte) als für die Stichprobe angemessen angesehen werden (gutes *test-item-targeting*), da die mittlere Personenfähigkeit und die mittlere Itemschwierigkeit auf gleicher Höhe liegen (Boone, 2016). Da die *Fit*-Werte annehmbar sind, können die raschskalierten Personenmesswerte für weitere Analysen des Fachwissens verwendet

werden. Es ist zu beachten, dass die Betrachtung des Fachwissens aufgrund der niedrigen Reliabilität mit Restriktionen verbunden ist.

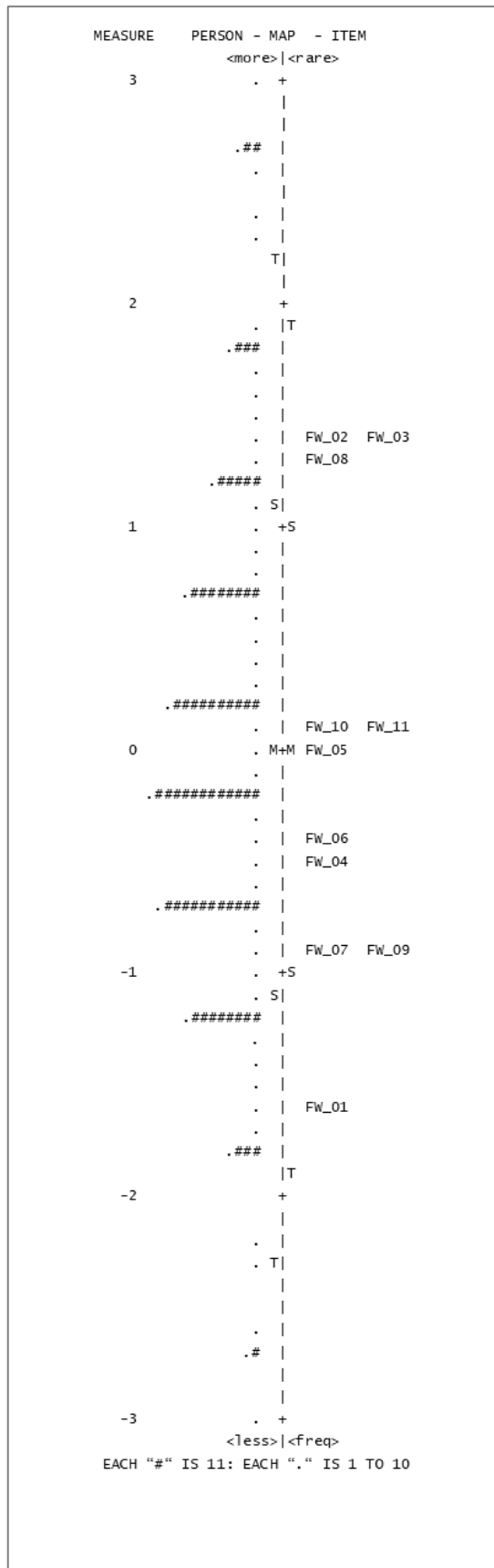


Abbildung 15: Person-Item-Map für die Fachwissensitems. Dargestellt ist die *Wright-Map* für die *gestackte* Stichprobe ($N = 996$, abzüglich fehlender Werte $N = 849$). Der rechten Seite der Wright Map ist dabei die Hierarchie der Items hinsichtlich ihrer Schwierigkeit zu entnehmen (oben: schwerer, unten: leichter). Auf der linken Seite sind die Personen anhand ihrer Fähigkeiten aufgeführt, wobei Personen mit höherer Fähigkeit hier mehr Fachwissensfragen richtig beantworten konnten (oben: höhere Fähigkeit, unten: geringere Fähigkeit). Des Weiteren sind auf der jeweiligen Seite die mittlere Itemschwierigkeit sowie die mittlere Personenfähigkeit (gekennzeichnet mit „M“) zu entnehmen. Das „S“ bzw. das „T“ kennzeichnen auf der jeweiligen Seite eine bzw. zwei Standardabweichungen vom Mittelwert.

VI ERGEBNISSE

10 Quantitative und qualitative Ergebnisse

In diesem Kapitel werden quantitative und qualitative Ergebnisse zu den drei Forschungsschwerpunkten (siehe Kapitel 4) vorgestellt. Zunächst werden dafür die Ergebnisse zum Forschungsschwerpunkt 1, der Wirksamkeit der Intervention, in Kapitel 10.1 vorgestellt. Anschließend folgen die Ergebnisse zum Forschungsschwerpunkt 2, der Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln, in Kapitel 10.2 und zum Forschungsschwerpunkt 3, den epistemischen Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess, in Kapitel 10.3.

10.1 Wirksamkeit der Intervention

Im Folgenden werden die Ergebnisse zum Forschungsschwerpunkt 1, der Wirksamkeit der Intervention, vorgestellt (für die Forschungsfragen siehe Abschnitt 4.1). Dafür wurde zunächst geprüft, ob sich die Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe hinsichtlich des Fachwissens, des individuellen Interesses und des Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) an den drei Messzeitpunkten unterscheiden (Abschnitt 10.1.1). Des Weiteren wurde untersucht, wie hoch das situationale Interesse sowie die kognitive Belastung der Lernenden ist, die an dem Projekttag teilnahmen (Abschnitt 10.1.2). Abschließend wurden die *Concept Cartoons* als Instruktions- und Erhebungsmethode analysiert (Abschnitt 10.1.3 und 10.1.4).

10.1.1 Wirksamkeit der außerschulischen Einheit in Bezug auf Fachwissen, individuelles Interesse und Vertrauen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1a [*Welche Wirkung zeigt die Konzeption der außerschulischen Lerneinheit in den verschiedenen Interventionsgruppen (1) implizit und (2) explizit im Vergleich zur Kontrollgruppe hinsichtlich des Erwerbs von Fachwissen, des individuellen Interesses und des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen)?*] sowie zur Beantwortung der Forschungsfrage 1b [*Können mögliche Zuwächse bezüglich der oben genannten Variablen auch längere Zeit (sechs bis acht Wochen) nach der*

außerschulischen Lerneinheit verzeichnet werden?] wurde in einem ersten Schritt untersucht, ob sich die Kontrollgruppe sowie die beiden Interventionsgruppen schon zu Beginn hinsichtlich des Fachwissens, des individuellen Interesses und des Vertrauens unterscheiden (für die Beschreibung von Kontroll- und Interventionsgruppen siehe Abschnitt 8.1.2). Dafür wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung berechnet (siehe Abschnitt 9.1.5).

Die Varianzhomogenität kann gemäß dem Levene-Test sowohl für das Fachwissen als auch für das individuelle Interesse und das Vertrauen als gegeben angenommen werden (jeweils $p > .05$). Auf eine Überprüfung der Normalverteilung der Daten wurde verzichtet, da die Varianzanalyse als robust gegen Voraussetzungsverletzungen dieser Art gilt (Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zeigen, dass es zu Beginn der Untersuchung, dem Prä-Messzeitpunkt, keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe sowie den Interventionsgruppen im Fachwissen ($F(2, 304) = 2.11, p = .123$), im individuellen Interesse ($F(2, 303) = .90, p = .409$) und im Vertrauen ($F(2, 304) = .78, p = .461$) gibt.

Anschließend wurde zur Überprüfung der Hypothesen $H_{1a-1} - H_{1a-3}$ sowie $H_{1b-1} - H_{1b-3}$ (siehe Abschnitt 4.1) eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. So sollte überprüft werden, inwiefern die Konzeption der Einheit in den beiden Interventionsgruppen, insbesondere im Vergleich zur Kontrollgruppe, positive Auswirkungen auf das Fachwissen, das individuelle Interesse und das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) hat. Dafür wurden jeweils zunächst die Voraussetzungen der Sphärizität mittels des Mauchly-Tests sowie die Homogenität der Fehlervarianzen mittels des Levene-Tests überprüft. Auf eine Überprüfung der Normalverteilung der Daten wurde hier ebenfalls aufgrund der Robustheit der Varianzanalyse verzichtet (Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008).

Hinsichtlich des Fachwissens deutet der Mauchly-Test auf eine Verletzung der Voraussetzung der Sphärizität hin ($\chi^2(2) = 13.42, p = .001$). Deshalb wird eine Huynh-Feldt-Korrektur ($\epsilon = .96$) der Freiheitsgrade vorgenommen. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen ist gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt (jeweils $p > .05$). Die Boxplots zum Fachwissen an den drei Messzeitpunkten in

den drei Gruppen sind in Abbildung 16 dargestellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen zum Fachwissen befinden sich in Tabelle 30 im Anhang G. Bei den dargestellten Fachwissenswerten handelt es sich um Personenfähigkeitswerte, welche durch Umskalierung der Rohdaten durch die Anwendung der Rasch-Analyse ermittelt wurden (siehe Abschnitt 9.3.3), weshalb sowohl positive als auch negative Werte vorliegen.

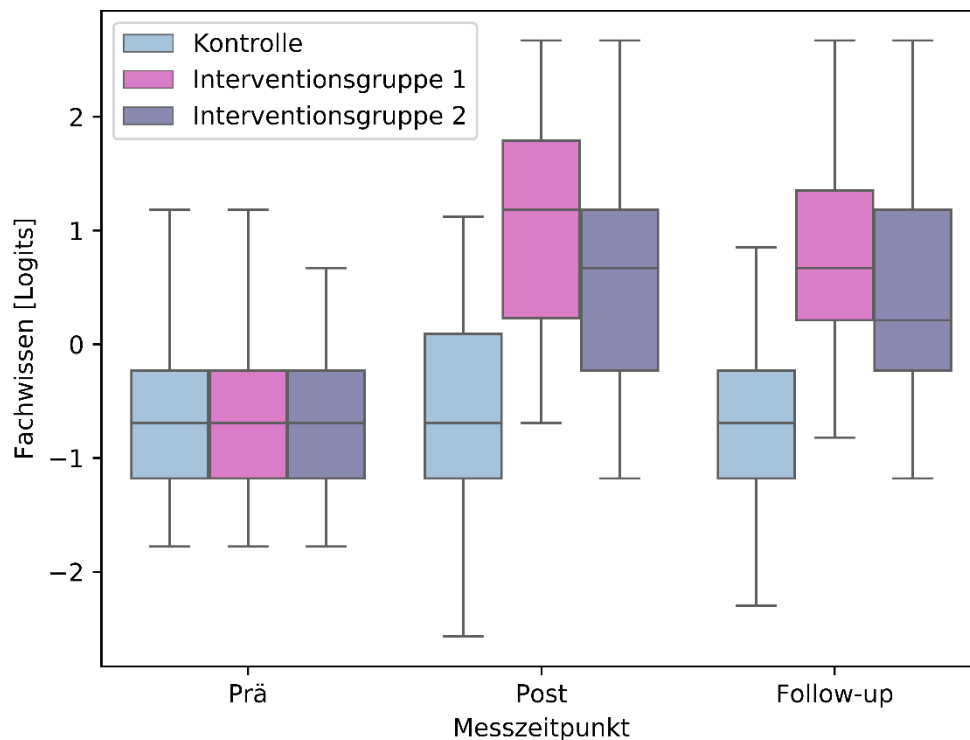


Abbildung 16: Boxplots bezüglich des Fachwissens in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten. Dargestellt ist das auf die außerschulische Lerneinheit bezogene Fachwissen (in Logits) in der Kontrollgruppe ($n = 57$) sowie den beiden Interventionsgruppen (1) *implizit* ($n = 66$) und (2) *explizit* ($n = 97$) an den drei Messzeitpunkten. Zum Prä-Messzeitpunkt unterscheiden sich die drei Gruppen in Bezug auf das Fachwissen nicht. Des Weiteren verändert sich das Fachwissen der Kontrollgruppe über die drei Messzeitpunkte nicht. Bei den beiden Interventionsgruppen ist dabei ein deutlicher Anstieg im Fachwissen von Prä zu Post zu vermerken. Die beiden Interventionsgruppen können das Fachwissen auch sechs bis acht Wochen nach der Intervention noch abrufen, sodass dieses zum Follow-up-Messzeitpunkt immer noch deutlich höher ist als zu Beginn der Intervention.

Es zeigt sich eine große statistisch signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Gruppe (Huynh-Feldt $F(3.84, 416.62) = 25.32, p < .001, \eta_p^2 = .19$). Um zu überprüfen, welche Gruppen sich unterscheiden, wurden der Haupteffekt des Zwischensubjektfaktors sowie Post-hoc-Tests berechnet. Während sich die Gruppen zum Prä-Zeitpunkt nicht signifikant unterscheiden ($p = .290$), gibt es zum Post- und Follow-up-Messzeitpunkt jeweils einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p < .001$). Paarweise Vergleiche deuten darauf hin, dass es zum Prä-

Messzeitpunkt keinen signifikanten Unterschied im Fachwissen zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe (1) *implizit* ($p = .719$) bzw. der Interventionsgruppe (2) *explizit* ($p = .789$) sowie zwischen den Interventionsgruppen (1) *implizit* und (2) *explizit* gibt ($p = .264$). Zum Post-Messzeitpunkt gibt es einen signifikanten Unterschied im Fachwissen zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe (1) *implizit* ($p < .001$, $d = 1.97$) bzw. der Interventionsgruppe (2) *explizit* ($p < .001$, $d = 1.39$) sowie zwischen den Interventionsgruppen (1) *implizit* und (2) *explizit* ($p = .013$, $d = 0.43$). Zum Follow-up-Messzeitpunkt gibt es einen signifikanten Unterschied im Fachwissen zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe (1) *implizit* ($p < .001$, $d = 1.52$) bzw. der Interventionsgruppe (2) *explizit* ($p < .001$, $d = 1.47$) aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den Interventionsgruppen (1) *implizit* und (2) *explizit* ($p = .597$).

Um weiter zu prüfen, zu welchem Zeitpunkt sich die Gruppen unterscheiden, wurden der Haupteffekt des Innersubjektfaktors Zeit sowie Post-hoc-Tests berechnet. Es gibt keinen statistisch signifikanten Effekt des Messzeitpunktes auf die Kontrollgruppe (Huynh-Feldt $F(1.92, 107.57) = 2.00$, $p = .142$). Jedoch kann jeweils ein großer, statistisch signifikanter Effekt des Messzeitpunktes auf die Interventionsgruppe (1) *implizit* (Huynh-Feldt $F(1.83, 119.13) = 70.33$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .52$) und die Interventionsgruppe (2) *explizit* (Huynh-Feldt $F(1.98, 189.71) = 90.78$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .49$) aufgezeigt werden. Paarweise Vergleiche ergaben dabei, dass sich das Fachwissen bei der Kontrollgruppe weder zwischen Prä und Post ($p = 1.000$), oder Post und Follow-up ($p = .087$) noch zwischen Prä und Follow-up ($p = .508$) unterscheidet. Bei der Interventionsgruppe (1) *implizit* gibt es einen signifikanten Unterschied im Fachwissen zwischen Prä und Post ($p < .001$, $d = 1.95$), sowie Post und Follow-up ($p < .001$, $d = 0.45$) als auch zwischen Prä und Follow-up ($p < .001$, $d = 1.28$). Bei der Interventionsgruppe (2) *explizit* gibt es einen signifikanten Unterschied im Fachwissen zwischen Prä und Post ($p < .001$, $d = 1.51$) sowie zwischen Prä und Follow-up ($p < .001$, $d = 1.35$). Zwischen Post und Follow-up zeigt die Interventionsgruppe (2) *explizit* hingegen keinen signifikanten Unterschied im Fachwissen ($p = .221$). Für das Fachwissen können die Hypothesen H_{1a-1} und H_{1b-1} als bestätigt angesehen werden.

In Bezug auf das individuelle Interesse deutet der Mauchly-Test auf eine Verletzung der Voraussetzung der Sphärizität hin ($\chi^2(2) = 13.69, p = .001$). Deshalb wird wiederum eine Huynh-Feldt-Korrektur ($\epsilon = .96$) der Freiheitsgrade vorgenommen. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen ist gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt (jeweils $p > .05$). Die Boxplots zum individuellen Interesse an den drei Messzeitpunkten in den drei Gruppen sind in Abbildung 17 dargestellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen zum individuellen Interesse befinden sich in Tabelle 30 im Anhang G. Es zeigt sich eine kleine, statistisch signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Gruppe hinsichtlich des individuellen Interesses an Biomedizin (Huynh-Feldt $F(3.84, 426.13) = 2.47, p = .046, \eta_p^2 = .02$). Um zu überprüfen, welche Gruppen sich unterscheiden, wurden der Haupteffekt des Zwischensubjektfaktors sowie Post-hoc-Tests berechnet. Dabei zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p > .05$).

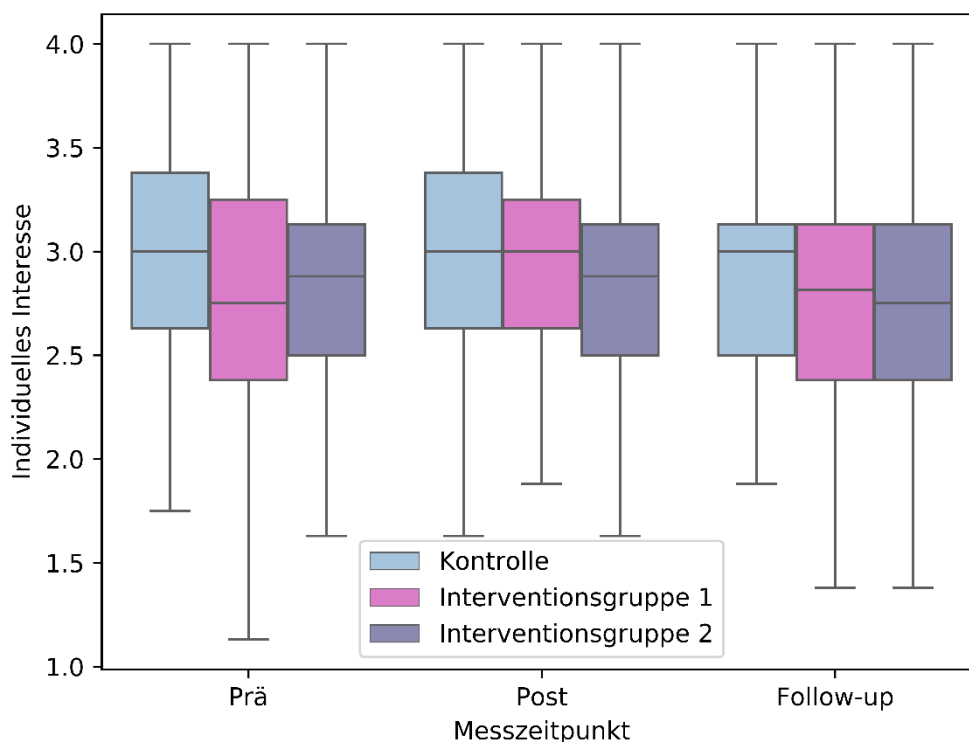


Abbildung 17: Boxplots bezüglich des individuellen Interesses in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten. Dargestellt ist das individuelle Interesse an Biomedizin in der Kontrollgruppe ($n = 57$) sowie den beiden Interventionsgruppen (1) *implizit* ($n = 70$) und (2) *explizit* ($n = 98$) an den drei Messzeitpunkten. Es zeigen sich dabei keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Bei der Interventionsgruppe (1) *implizit* ist dabei ein leichter Anstieg des individuellen Interesses zwischen Prä und Post zu vermerken. Weiter zeigt sich in allen drei Gruppen eine Abnahme im individuellen Interesse zwischen Post und Follow-up. Außerdem zeigt sich ein Unterschied im individuellen Interesse in der Interventionsgruppe (2) *explizit* zwischen Prä und Follow-up.

Um weiter zu prüfen, zu welchem Zeitpunkt sich die Gruppen unterscheiden, wurden der Haupteffekt des Innersubjektfaktors Zeit sowie Post-hoc-Tests berechnet. Dabei zeigt sich jeweils ein mittlerer, statistisch signifikanter Effekt des Messzeitpunktes auf die Kontrollgruppe (Huynh-Feldt $F(1.91, 107.20) = 4.13, p = .020, \eta_p^2 = .07$), die Interventionsgruppe (1) *implizit* (Huynh-Feldt $F(1.84, 126.82) = 7.73, p = .001, \eta_p^2 = .10$) und die Interventionsgruppe (2) *explizit* (Huynh-Feldt $F(1.96, 189.84) = 6.73, p = .002, \eta_p^2 = .07$). Paarweise Vergleiche ergaben dabei, dass im Interesse der Kontrollgruppe keine Unterschiede zwischen Prä und Post ($p = 1.000$), sowie Prä und Follow-up ($p = .164$) auftreten. Dafür zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Post und Follow-up ($p = .017, d = 0.22$). Bei der Interventionsgruppe (1) *implizit* gibt es hinsichtlich des Interesses einen signifikanten Unterschied zwischen Prä und Post ($p = .009, d = 0.25$), sowie Post und Follow-up ($p < .001, d = 0.27$) aber nicht zwischen Prä und Follow-up ($p = 1.000$). Bei der Interventionsgruppe (2) *explizit* zeigt sich ein signifikanter Unterschied im Interesse zwischen Post und Follow-up ($p = .005, d = 0.19$) sowie zwischen Prä und Follow-up ($p = .007, d = 0.23$). Zwischen dem Prä- und Post-Messzeitpunkt gibt es hingegen keinen signifikanten Unterschied im Interesse ($p = 1.000$). Die Hypothese H_{1a-2} konnte somit nur teilweise bestätigt werden, während die Hypothese H_{1b-2} verworfen werden muss.

Hinsichtlich des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) deutet der Mauchly-Test darauf hin, dass die Sphärizität nicht verletzt ist und somit keine Korrektur vorgenommen werden muss ($p = .157$). Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen ist gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt (jeweils $p > .05$). Die Boxplots zum Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) an den drei Messzeitpunkten in den drei Gruppen sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen zum Vertrauen befinden sich in Tabelle 30 im Anhang G. Es zeigt sich keine statistisch signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Gruppe ($F < 1$). Es tritt kein signifikanter Haupteffekt der Zeit auf ($F < 1$). Darüber hinaus zeigt sich auch kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ($F < 1$). Somit müssen die Hypothesen H_{1a-3} und H_{1b-3} verworfen werden.

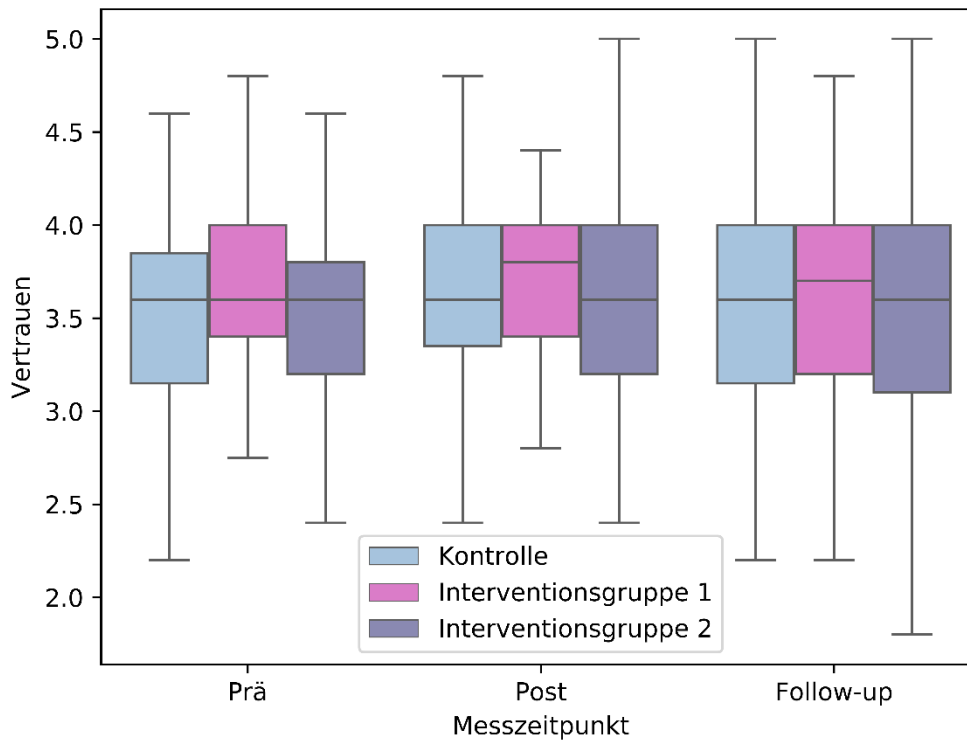


Abbildung 18: Boxplots bezüglich des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten. Dargestellt ist das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) für den Bereich der Biomedizin in der Kontrollgruppe ($n = 56$) sowie den beiden Interventionsgruppen (1) *implizit* ($n = 70$) und (2) *explizit* ($n = 99$) an den drei Messzeitpunkten. Die Gruppen unterscheiden sich dabei zu keinem Messzeitpunkt in ihrem Vertrauen. Des Weiteren zeigen sich auch keine Veränderungen im Vertrauen der einzelnen Gruppen zwischen den drei Messzeitpunkten.

10.1.2 Ausprägung des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung nach dem Projekttag

Zur Adressierung der Forschungsfrage 1c [*Welche Wirkung zeigt die Konzeption der außerschulischen Lerneinheit in den Interventionsgruppen (1) implizit und (2) explizit hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung?*] wurde die Höhe des situationalen Interesses sowie der kognitiven Belastung insgesamt sowie pro Interventionsgruppe näher betrachtet. Insgesamt waren 103 Lernende in der Interventionsgruppe (1) *implizit* und 127 Lernende in der Interventionsgruppe (2) *explizit* ($n = 230$). Die Boxplots zum situationalen Interesse und der kognitiven Belastung nach dem Projekttag in den beiden Interventionsgruppen sind in Abbildung 19 dargestellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Interventionsgruppen zum situationalen Interesse und der kognitiven Belastung sind in Tabelle 31 im Anhang G dargestellt.

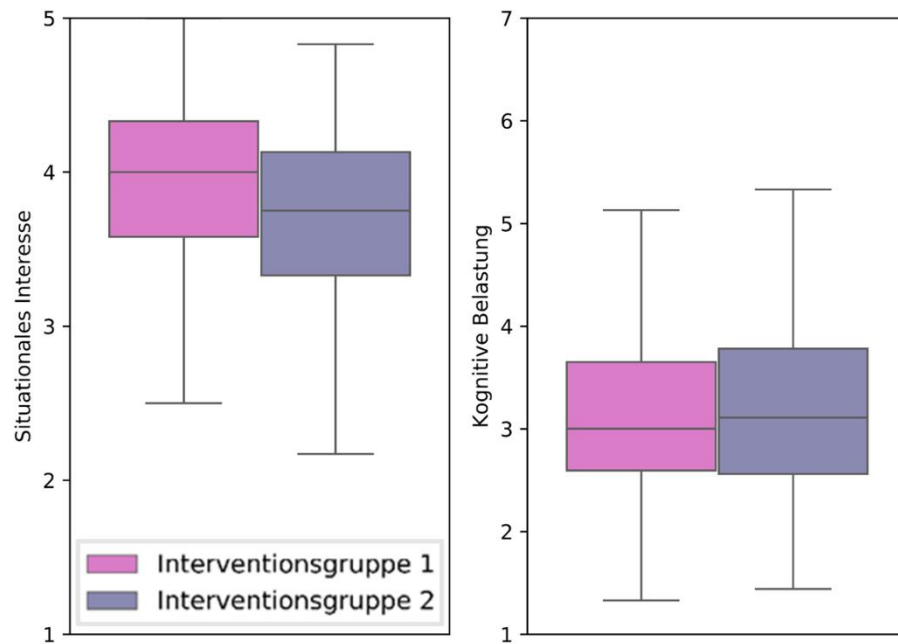


Abbildung 19: Boxplots bezüglich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung in den beiden Interventionsgruppen nach dem Projekttag. Dargestellt ist das situationale Interesse und die kognitive Belastung in den beiden Interventionsgruppen (1) *implizit* ($n = 103$) und (2) *explizit* ($n = 127$) nach dem Projekttag. Es zeigt sich lediglich ein Unterschied im situationalen Interesse zwischen den beiden Gruppen, wobei das situationale Interesse der Interventionsgruppe (1) *implizit* höher ist.

Um zu prüfen, inwiefern sich die beiden Interventionsgruppen hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung unterscheiden, wurde ein t -Test für unabhängige Stichproben berechnet (siehe dafür Abschnitt 9.1.4). Dabei ist die Gleichheit der Varianzen für beide Variablen jeweils gemäß dem Levene-Test erfüllt (jeweils $p > .05$). Auf eine Überprüfung der Normalverteilungsannahme wurde aufgrund der Robustheit des Verfahrens bei ausreichend großer Stichprobengröße verzichtet (Nachtigall & Wirtz, 2013; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Hinsichtlich des situationalen Interesses zeigt sich ein kleiner, statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Interventionsgruppen, wobei das situationale Interesse der Interventionsgruppe (1) *implizit* höher ist als jenes der Interventionsgruppe (2) *explizit* ($t(228) = 2.19$, $p = .03$, $d = .29$). In Bezug auf die kognitive Belastung gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Interventionsgruppen ($t(228) = -.72$, $p = .473$).

10.1.3 Concept Cartoons als Instruktionsmethode

Zur Untersuchung der Forschungsfrage 1d [*Kann über die variablenzentrierte Herangehensweise im Mittel ein Unterschied in den epistemischen Überzeugungen zwischen der Interventionsgruppe mit einer expliziten Reflexion mithilfe der Concept Cartoons und der Interventionsgruppe mit einer nur impliziten Reflexion im Vergleich zur Kontrollgruppe verzeichnet werden?*] und Forschungsfrage 1e [*Können mögliche Unterschiede auch längere Zeit (sechs bis acht Wochen) nach der außerschulischen Lerneinheit verzeichnet werden?*] wurde zunächst der variablenzentrierte Ansatz angewendet. Dafür wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung berechnet, um zu prüfen, ob sich die Kontroll- und Interventionsgruppen zu Beginn der Intervention bereits unterscheiden.

Zunächst wurde bezüglich jeder der vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen die Varianzhomogenität mittels des Levene-Tests geprüft, gemäß dem bei allen Dimensionen eine Gleichheit der Varianzen angenommen werden kann ($p > .05$). Des Weiteren zeigen die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse, dass es bei keiner Dimension epistemischer Überzeugungen zu Beginn der Studie einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Kontrollgruppe sowie den Interventionsgruppen gibt (Quelle: $F(2, 304) = 2.33, p = .099$; Sicherheit, Entwicklung und Rechtfertigung jeweils $F < 1$).

Anschließend wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet, um zu prüfen, inwiefern sich nach einer expliziten bzw. nur impliziten Reflexion epistemischer Überzeugungen Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen sowie im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen. Dafür wurden zunächst pro Dimension epistemischer Überzeugungen die Voraussetzungen der Sphärizität und die Homogenität der Fehlervarianzen überprüft. Auf eine Überprüfung der Normalverteilung wurde hier ebenfalls verzichtet, da dieses Verfahren als robust gegen derartige Voraussetzungsverteilungen gilt (Rasch et al., 2014; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Der Mauchly-Test deutet in den Dimensionen Sicherheit ($\chi^2(2) = 6.97, p = .031$), Entwicklung ($\chi^2(2) = 9.53, p = .009$) und Rechtfertigung ($\chi^2(2) = 15.62, p < .001$) auf eine Verletzung der Voraussetzung der Sphärizität hin. Deshalb wird dort jeweils eine Huynh-Feldt-Korrektur (Sicherheit: $\varepsilon = .99$; Entwicklung:

$\varepsilon = .98$; Rechtfertigung: $\varepsilon = .95$) der Freiheitsgrade vorgenommen. Bei der Dimension Quelle ist die Voraussetzung der Sphärizität gemäß dem Mauchly-Test gegeben ($\chi^2(2) = 3.20, p = .02$), sodass hier keine Korrektur vorgenommen werden muss. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen ist für jede Dimension epistemischer Überzeugungen gemäß dem Levene-Test erfüllt (jeweils $p > .05$). Die Boxplots zu den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen an den drei Messzeitpunkten in den drei Gruppen sind in Abbildung 20 dargestellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Dimensionen epistemischer Überzeugungen befinden sich in Tabelle 32 im Anhang G.

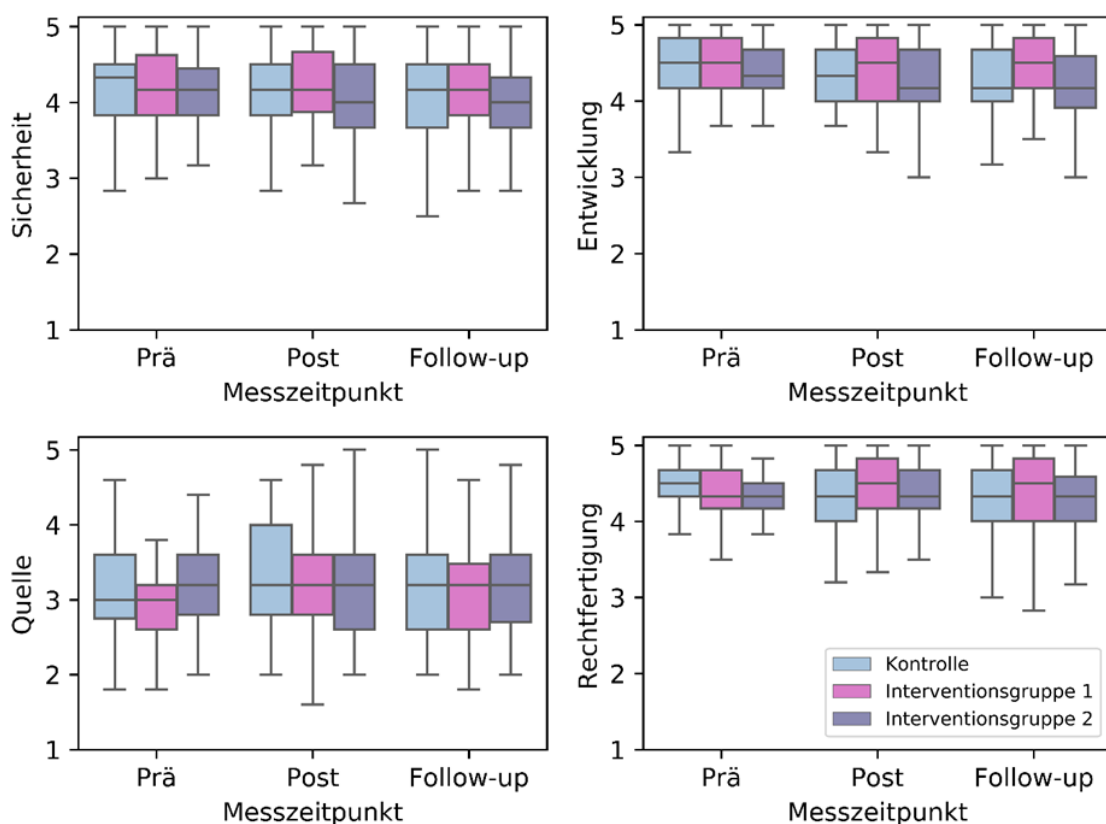


Abbildung 20: Boxplots bezüglich der Dimensionen epistemischer Überzeugungen in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten. Dargestellt sind die jeweiligen Ausprägungen in den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen in der Kontrollgruppe ($n = 57$) sowie den beiden Interventionsgruppen (1) *implizit* ($n = 70$) und (2) *explizit* ($n = 99$) an den drei Messzeitpunkten. Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen, dass bei keiner Dimension epistemischer Überzeugungen eine signifikante Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe festgestellt werden kann. Weiter zeigt sich in allen Dimensionen ein kleiner Haupteffekt der Zeit und nur in der Dimension Entwicklung ein kleiner Haupteffekt der Gruppe.

Es zeigt sich bei keiner Dimension epistemischer Überzeugungen eine statistisch signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Gruppe (Sicherheit: Huynh-Feldt $F < 1$; Entwicklung: Huynh-Feldt $F < 1$; Quelle: $F(4, 446) = 1.98, p = .097$;

Rechtfertigung: Huynh-Feldt $F < 1$). Dabei zeigt sich in allen Dimensionen ein kleiner, signifikanter Haupteffekt der Zeit (Sicherheit: Huynh-Feldt $F(1.97, 440.28) = 4.44, p = .013, \eta_p^2 = .02$; Entwicklung: Huynh-Feldt $F(1.95, 435.53) = 6.78, p = .001, \eta_p^2 = .03$; Quelle: $F(2, 446) = 12.46, p < .001, \eta_p^2 = .05$; Rechtfertigung: Huynh-Feldt $F(1.91, 424.82) = 5.64, p = .004, \eta_p^2 = .03$). In den Dimensionen Sicherheit ($F < 1$), Quelle ($F < 1$) und Rechtfertigung ($F(2, 223) = 1.08, p = .342$) tritt kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe auf. Lediglich bei der Dimension Entwicklung von Wissen zeigt sich ein kleiner, signifikanter Haupteffekt der Gruppe ($F(2, 223) = 3.85, p = .023, \eta_p^2 = .03$). Die Hypothesen H_{1d} und H_{1e} müssen demnach verworfen werden.

Nach dieser ersten, voranalytischen Anwendung der variablenzentrierten Herangehensweise zur Untersuchung epistemischer Überzeugungen in dieser Interventionsstudie wurde darüber hinaus auch eine personenzentrierte Herangehensweise angewendet (siehe dafür Abschnitt 10.2).

10.1.4 Concept Cartoons als Erhebungsmethode

Zur Untersuchung der Forschungsfrage 1f [*Welche Teilbereiche biomedizinbezogener epistemischer Überzeugungen lassen sich mithilfe von Concept Cartoons im Vergleich zum Fragebogen erfassen?*] wurden die schriftlichen Meinungsäußerungen der Lernenden mithilfe eines Codierleitfadens kategorisiert (siehe Abschnitt 9.2.1, für die *Concept Cartoons* siehe Abschnitt 8.3.2). Für den inhaltlichen Bericht der Ergebnisse werden im Folgenden die Kategorien zu vier Kategorienblöcken zusammengefasst: *naivere Vorstellungen* (Kategorien 2-4), *sophistiziertere Vorstellungen* (Kategorien 5-7) und *abwägende Haltungen* (Kategorien 8-10). Die Kategorie 0 - *fehlende Daten* und Kategorie 1 - *nicht zuordenbar* werden im Kategorienblock *sonstiges* zusammengefasst. Für eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Kategorienblöcke und Kategorien sowie der dazugehörigen Ankerbeispiele sei auf den Codierleitfaden im Anhang E verwiesen.

Die prozentualen Häufigkeiten der Kategorien pro Dimension epistemischer Überzeugungen, jeweils vor und nach der Gruppendiskussion, sind dabei in Abbildung 21 dargestellt. Lediglich die prozentualen Häufigkeiten der Kategorie 0 - *fehlende*

*Daten*²⁰ und der Kategorie 1 - *nicht zuordenbar*²¹ wurden dabei nicht mit in die Grafik aufgenommen. Insgesamt tritt bei allen vier *Concept Cartoons* der Kategorienblock mit den fortgeschrittenen Vorstellungen zu beiden Zeitpunkten am häufigsten auf, wobei dessen Häufigkeit in den Dimensionen Entwicklung und Rechtfertigung von Wissen höher ist (70 - 73 %) als in den anderen beiden Dimensionen (45 - 60 %).

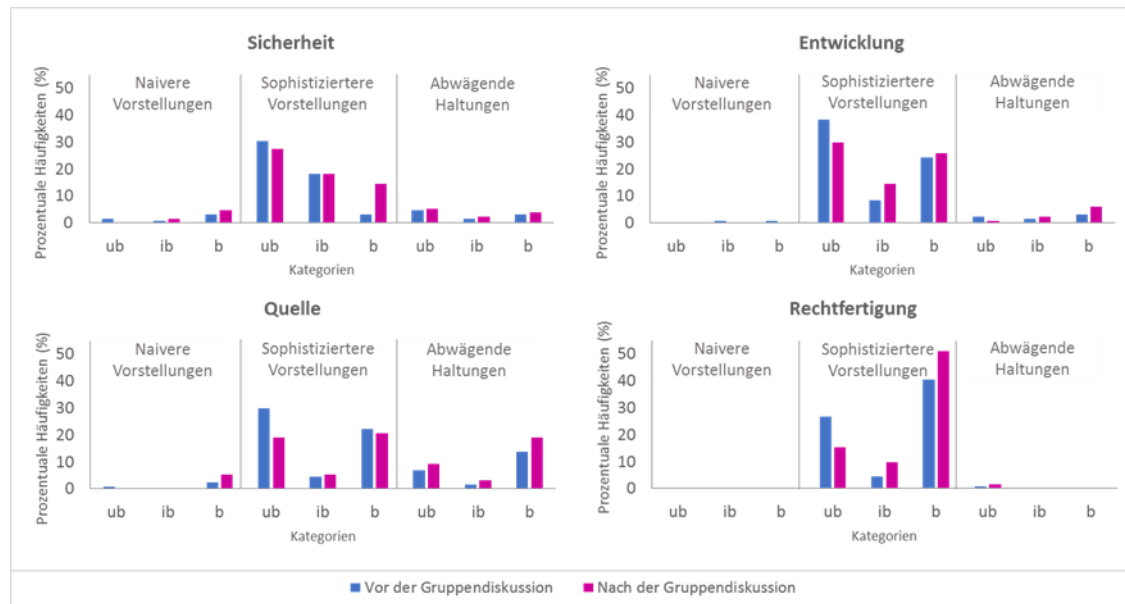


Abbildung 21: Prozentuale Häufigkeiten der *Concept Cartoon*- Kategorien. Die Diagramme zeigen die prozentuale Häufigkeit des Auftretens der Kategorien pro Dimension epistemischer Überzeugungen, jeweils vor (*blaue Balken*) und nach (*lila Balken*) der Gruppendiskussion. Dabei sind die Kategorienblöcke der naiveren Vorstellungen, der sophistizierteren Vorstellungen und den abwägenden Haltungen durch vertikale Linien getrennt. Die Kategorienblöcke teilen sich jeweils in drei Stufen des Erklärungsausmaßes auf: unbegründet (ub), inadäquat begründet (ib) und begründet (b). Fehlende Prozente sind auf fehlende Daten zurückzuführen.

In der Dimension Quelle von Wissen ist zu beiden Zeitpunkten darüber hinaus der Kategorienblock der abwägenden Haltungen häufig (22 - 31 %) im Vergleich zu den anderen Dimensionen (1 - 11 %) vertreten. Der Kategorienblock der naiveren Vorstellungen ist in allen Dimensionen der seltenste (2 - 6 %). Auffällig ist außerdem, dass in der Dimension Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens der Großteil der Lernenden in den schriftlichen Meinungsäußerungen sophistiziertere Sichtweisen

²⁰ Prozentuale Häufigkeiten der Kategorie 0 - *Fehlende Daten* in den vier *Concept Cartoons* vor bzw. nach der Gruppendiskussion: Sicherheit: 21 % (vorher), 15 % (nachher); Entwicklung: 10 % (vorher), 10 % (nachher); Quelle: 15 % (vorher), 14 % (nachher); Rechtfertigung: 21 % (vorher), 16 % (nachher).

²¹ Prozentuale Häufigkeiten der Kategorie 1 - *nicht zuordenbar* in den vier *Concept Cartoons* vor bzw. nach der Gruppendiskussion: Sicherheit: 12 % (vorher), 8 % (nachher); Entwicklung: 11 % (vorher), 10 % (nachher); Quelle: 4 % (vorher), 5 % (nachher); Rechtfertigung: 6 % (vorher), 6 % (nachher).

zeigen (72 – 77 %) und somit kaum Antworten den Kategorienblöcken der naiveren (0 %) oder abwägenderen Positionen (1 – 2 %) zugeordnet werden können.

Außerdem sind teilweise leichte Veränderungen in der prozentualen Häufigkeit der Kategorienblöcke zwischen dem ersten Feld der Meinungsäußerung (zu Beginn der Einzelarbeitsphase) und dem zweiten Feld (nach der Gruppendiskussion) zu vermerken. Eine relativ deutliche Bewegung zeichnet sich in der Dimension Quelle naturwissenschaftlichen Wissens ab. So nimmt die prozentuale Häufigkeit des Kategorienblocks mit den fortgeschrittenen Vorstellungen nach der Gruppendiskussion ab (vorher: 57 %; nachher: 45 %), während diese beim Kategorienblock der abwägenden Haltungen nach der Gruppendiskussion zunimmt (vorher: 22 %; nachher: 31 %).

Um die Erfassung epistemischer Überzeugungen mittels der *Concept Cartoons* mit jener über den Fragebogen zu vergleichen, wurde weiter die Einordnung über die Kategorien nach der Gruppendiskussion (siehe Abbildung 21, *lila Balken*) pro Dimension sowie die Einordnung über die jeweilige Skala im Fragebogen gegenübergestellt (siehe Abbildung 22). Die Erfassung der epistemischen Überzeugungen mittels des zweiten Feldes der Meinungsäußerung der *Concept Cartoons* erfolgte unmittelbar vor dem Ausfüllen des Post-Fragebogens, weshalb die Kategorien der zweiten Felder für den Vergleich der Erhebungsinstrumente verwendet wurden. Für das Erstellen dieser Abbildungen wurden lediglich Schülerinnen und Schüler verwendet, bei denen sowohl Fragebogen- als auch *Concept-Cartoon*-Daten pro Dimension vorlagen. Ebenfalls nicht dargestellt sind Lernende, deren schriftliche Meinungsäußerung zu dem jeweiligen *Concept Cartoon* zu der Kategorie 1 - *nicht zuordenbar* einsortiert wurde.

Insgesamt erzeugen die *Concept Cartoons* zu den Dimensionen Sicherheit und Quelle naturwissenschaftlichen Wissens deutlich mehr Streuung als jene der Dimensionen Entwicklung und Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens (siehe Abbildung 22), was die Ergebnisse aus dem Fragebogen widerspiegelt. Außerdem zeigt sich in der Dimension Rechtfertigung auch in den *Concept Cartoons* eine deutliche Mehrheit des sophistizierteren Kategorienblocks. Lernende, deren Antworten zu den *Concept Cartoons* dem naiveren Kategorienblock angehören, stimmten auch im Fragebogen eher den naiveren Aussagen im Vergleich zum Gruppenmittelwert der Interventionsgruppe (2) *explizit* zu. Weiter liegen Schülerinnen und Schüler, deren *Concept Cartoon*-

Antworten dem sophistizierteren Kategorienblock zugeordnet wurden, mit ihrem Fragebogenwert auf der jeweiligen Skala teilweise über und teilweise unter dem Gruppenmittelwert. Lernende, deren *Concept Cartoon*-Antworten dem Kategorienblock der abwägenderen Haltungen zugeordnet wurden, liegen mit ihrem Fragebogenwert in dieser Dimension größtenteils unter dem Gruppenmittelwert. In den Dimensionen Sicherheit und Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens liegen die Lernenden, welche bezüglich der *Concept Cartoon*-Positionen eine abwägende Haltung bezogen, teilweise unter und teilweise über dem Gruppenmittelwert der Interventionsgruppe (2) *explizit*.

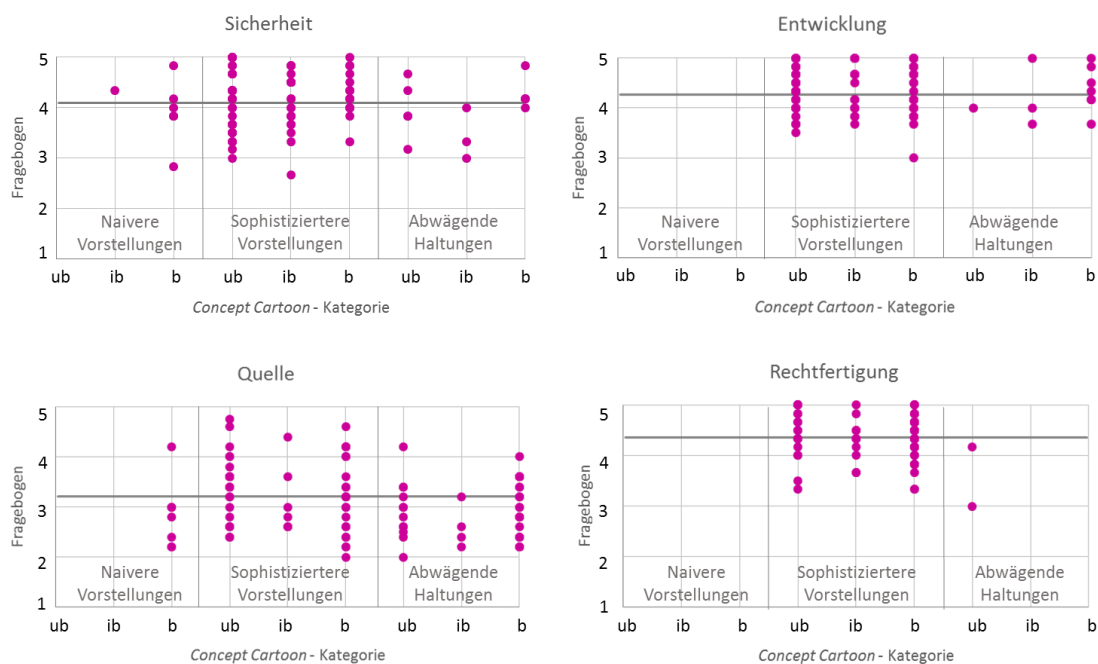


Abbildung 22: Vergleich der Einordnung der Lernenden hinsichtlich ihrer epistemischen Überzeugungen mittels Fragebogen und Concept Cartoons. Dabei sind auf der X-Achse die Kategorienblöcke der naiveren und sophistizierteren Vorstellungen sowie der abwägenden Haltungen zu den *Concept-Cartoon*-Antworten (nach der Gruppendiskussion) aufgetragen und jeweils durch Querstriche getrennt. Die Kategorienblöcke teilen sich jeweils in drei Stufen des Erklärungsausmaßes auf: unbegründet (ub), inadäquat begründet (ib) und begründet (b). Auf der Y-Achse sind die Werte der Fragebogenskala (5-stufige Likert-Skala) auf der Y-Achse aufgeführt. Hinsichtlich des Fragebogens stellt ein höherer Wert eine eher fortgeschrittene Vorstellung in der jeweiligen Dimension dar. Die dickere horizontale Linie (dunkelgrau) stellt den Gruppenmittelwert auf der jeweiligen Fragebogenskala der Interventionsgruppe (2) *explizit* dar.

Abschließend wurde explorativ untersucht, ob zwischen dem ersten und zweiten Feld der Meinungsäußerung, d.h. nach dem Explizieren mithilfe der *Concept Cartoons* in der *Think-Pair-Share*-Methode inkl. Gruppendiskussion, Wechsel der *Concept Cartoon*-Kategorie identifiziert werden können (Forschungsfrage 1g, siehe Abschnitt 4.1). In

Tabelle 17 bis Tabelle 20²² sind dabei die prozentualen Häufigkeiten von Kategorie-Wechselnden sowie Kategorie-Beibehaltenden dargestellt. In den Tabellen 17 bis 20 zeigt sich, dass der Großteil der Lernenden ihre Kategorie pro Dimension epistemischer Überzeugungen beibehält. So treten in der Dimension Sicherheit 39 %, in der Dimension Entwicklung 47 %, in der Dimension Quelle 56 % und in der Dimension Rechtfertigung 50 % in beiden Antwortfeldern die gleichen Kategorien auf. Gleichzeitig können aber auch Kategorie-Wechsel identifiziert werden. So ändert sich in der Dimension Sicherheit bei 18 % der Lernenden die Kategorie, in der Dimension Entwicklung bei 24 %, in der Dimension Quelle bei 16 % und in der Dimension Rechtfertigung bei 14 %. Dabei können sowohl Wechsel zu einer fortgeschritteneren oder abwägenden Kategorie als auch Wechsel hin zu einer naiveren Kategorie beobachtet werden²³. So wechseln in der Dimension Sicherheit 15 % der Schülerinnen und Schüler zu einer fortgeschritteneren Kategorie, in der Dimension Entwicklung sind es 18 %, in der Dimension Quelle 11 % und in der Dimension Rechtfertigung 11 %. Hingegen lassen sich in der Dimension Sicherheit bei 3 % der Lernenden Wechsel hin zu einer naiveren Kategorie feststellen, in der Dimension Entwicklung bei 7 %, in der Dimension Quelle bei 5 % und in der Dimension Rechtfertigung bei 2 %. Insgesamt vollziehen sich größtenteils Wechsel innerhalb eines Kategorienblocks (z.B. innerhalb des Kategorienblocks der abwägenderen Haltungen). Dennoch können auch Wechsel zwischen verschiedenen Kategorienblöcken aufgezeigt werden (z.B. von dem Kategorienblock der sophistizierteren Vorstellungen hin zu dem Kategorienblock der abwägenderen Haltungen).

²² Die in der Tabelle verwendeten Abkürzungen ub, b und ib stehen für unbegründet (ub), inadäquat begründet (ib) und begründet (b).

²³ Übrige Prozente gehen auf fehlende Daten oder Antworten der Kategorie 1 *nicht zuordenbar* zurück.

Tabelle 17: Wechsel (in %) der Concept Cartoon-Kategorie in der Dimension Sicherheit ($n = 74$).

Nach Von	Kategorienblock (NV): Naivere Vorstellungen			Kategorienblock (SV): Sophistiziertere Vorstellungen			Kategorienblock (AH): Abwägende Haltungen		
	ub	ib	b	ub	ib	b	ub	ib	b
NV	ub								
	ib	1							
	b		2	1		1			
SV	ub			15	3	6	1	1	1
	ib			1	14	2			
	b			1		2			
AH	ub					1	3		
	ib							2	
	b								2

Tabelle 18: Wechsel (in %) der Concept Cartoon-Kategorie in der Dimension Entwicklung ($n = 93$).

Nach Von	Kategorienblock (NV): Naivere Vorstellungen			Kategorienblock (SV): Sophistiziertere Vorstellungen			Kategorienblock (AH): Abwägende Haltungen		
	ub	ib	b	ub	ib	b	ub	ib	b
NV	ub								
	ib			1					
	b								
SV	ub			24	4	5	2	2	2
	ib				5	2			
	b			2	2	16	1	1	1
AH	ub						1		1
	ib			1				1	1
	b				1	2			1

Tabelle 19: Wechsel (in %) der Concept Cartoon-Kategorie in der Dimension Quelle ($n = 94$).

Nach Von	Kategorienblock (NV): Naivere Vorstellungen			Kategorienblock (SV): Sophistiziertere Vorstellungen			Kategorienblock (AH): Abwägende Haltungen		
	ub	ib	b	ub	ib	b	ub	ib	b
NV	ub								1
	ib								
	b		1						1
SV	ub			15	1	2	1		3
	ib				4	1			
	b			2		17	1	1	
AH	ub						7		
	ib							2	
	b			1	1	1		1	10

Tabelle 20: Wechsel (in %) der Concept Cartoon-Kategorie in der Dimension Rechtfertigung ($n = 83$).

Nach Von	Kategorienblock (NV): Naivere Vorstellungen			Kategorienblock (SV): Sophistiziertere Vorstellungen			Kategorienblock (AH): Abwägende Haltungen		
	ub	ib	b	ub	ib	b	ub	ib	b
NV	ub								
	ib								
	b								
SV	ub			12	4	6	1		
	ib				4	1			
	b			2	1	33			
AH	ub						1		
	ib								
	b								

10.2 Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen

Im Folgenden werden die Forschungsschwerpunkt 2 betreffenden Ergebnisse, der Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln, vorgestellt (für die Forschungsfragen siehe Abschnitt 4.2). Dafür werden zunächst in Abschnitt 10.2.1 die Ergebnisse zur Identifizierung von Profilen zu den drei Messzeitpunkten mittels der latenten Profilanalyse (LPA) erläutert. Im folgenden Kapitel 10.2.2 wird deren Charakterisierung durch Kovariaten ausgeführt. In Kapitel 10.2.3 wird darauffolgend das identifizierte unverbindliche Profil mittels der qualitativen Daten näher beschrieben. Anschließend wird die Identifizierung von Profilwechseln mittels der latenten Transitionsanalyse (LTA) näher erläutert (siehe Abschnitt 10.2.4).

10.2.1 Identifizierung von Profilen zu den drei Messzeitpunkten

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 2a [*Welche Profile epistemischer Überzeugungen lassen sich in der Stichprobe zu den drei Messzeitpunkten identifizieren? Inwiefern lassen sich diese Profile hinsichtlich der Dimensionen epistemischer Überzeugungen charakterisieren?*] wurde eine latente Profilanalyse durchgeführt. In Anlehnung an Hickendorff et al. (2018) kann die Implementierung der latenten Profilanalyse in drei Schritte unterteilt werden (siehe dafür Abschnitt 9.1.6): In einem ersten Schritt sollen Modelle mit unterschiedlicher Anzahl an Profilen gegeneinander getestet werden. Nachdem eine Entscheidung bezüglich der Anzahl der Profile getroffen wurde, werden diese im Anschluss interpretiert und benannt. Anschließend sollen die Profile pro Zeitpunkt im Hinblick auf externe Variablen miteinander verglichen werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den ersten beiden Schritten vorgestellt. Die Ergebnisse zum dritten Schritt finden sich im folgenden Abschnitt 10.2.2.

Im ersten Schritt wurden pro Messzeitpunkt Modelle mit je $k = 2$ bis $k = 5$ Profilen gegeneinander getestet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 dargestellt. Dabei wurden die Varianzen für alle Modelle homogen gehalten (siehe dafür auch Holzberger et al. (2019)). Obwohl zum Prä-Zeitpunkt die vier- und fünf-Profillösungen geringere Werte bei den Informationskriterien (BIC, AIC und aBIC) aufweisen, deuten die p -Werte des

Tabelle 21: Ergebnisse der latenten Profilanalysen für verschiedene Klassenlösungen pro Messzeitpunkt.

Gruppen	Loglike- lihood	Parameter	Modellfit			Relativer Modellfit			Entropie	Mittlere Klassen- zuordnungs- wahrscheinlichkeit	Gruppen weniger 5%
			AIC	BIC	aBIC	p LMR	p BLRT	p VL-LRT			
Prä (n = 307)											
2	-748.781	13	1.523.562	1.572.011	1.530.781	0.0012	0.0000	0.0010	0.630	0.886/ 0.895	-
3	-722.250	18	1.480.499	1.547.582	1.490.494	0.0523	0.0000	0.0477	0.764	0.849/ 0.885/ 0.907	-
4	-701.791	23	1.449.582	1.535.299	1.462.354	0.3561	0.0000	0.3483	0.849	0.842/ 0.918/ 0.990/ 0.920	0.02 (Profil 3, mit n = 5)
5	-682.730	28	1.421.461	1.525.812	1.437.009	0.1063	0.0000	0.0988	0.797	0.961/ 0.802/ 0.860/ 0.898/ 0.892	0.02 (Profil 1, mit n = 6)
Post (n = 292)											
2	-880.964	13	1.787.929	1.835.727	1.794.501	0.0187	0.0000	0.0167	0.697	0.909/ 0.922	-
3	-826.093	18	1.688.185	1.754.367	1.697.285	0.2251	0.0000	0.2159	0.818	0.988/ 0.915/ 0.912	0.02 (Profil 1, mit n = 6)
4	-804.592	23	1.655.185	1.739.750	1.666.812	0.1090	0.0000	0.1030	0.785	0.807/ 0.911/ 0.985/ 0.836	0.02 (Profil 3, mit n = 6)
5	-787.961	28	1.631.921	1.734.870	1.646.076	0.4489	0.0000	0.4379	0.778	0.846/ 1.000/ 0.780/ 0.910/ 0.826	0.02 (Profil 2, mit n = 6)
Follow-up (n = 258)											
2	-809.913	13	1.645.827	1.692.015	1.650.801	0.0000	0.0000	0.0000	0.987	0.989/ 0.998	-
3	-730.740	18	1.497.479	1.561.433	1.504.367	0.0076	0.0000	0.0064	0.843	0.999/ 0.930/ 0.907	-
4	-709.214	23	1.464.429	1.546.147	1.473.229	0.1225	0.0000	0.1161	0.915	0.996/ 0.947/ 0.998/ 0.943	0.01 (Profil 1, mit n = 3)
5	-687.116	28	1.430.231	1.529.714	1.440.945	0.3376	0.0000	0.3278	0.749	0.865/ 1.000/ 0.865/ 0.848/ 0.874	-

LMR- und des VL-LRT-Tests darauf hin, dass die Verbesserung mit zunehmender Profilzahl nicht signifikant wird. Darüber hinaus kann in der vier-Profillösung ein Profil identifiziert werden, das weniger als 5 % der Stichprobe beinhaltet und somit keine nennenswerte Gruppenbeschreibung liefert. Da bei der drei-Profillösung der VL-LRT noch signifikant ist und diese Lösung eine gute Qualität der Zuordnung bzw. Trennung der Profile aufweist (Entropie > 0.7), wird zum Prä-Messzeitpunkt die drei-Profil-Lösung bevorzugt.

Analog zeigen sich zum Post-Messzeitpunkt ebenfalls geringere Werte bei dem AIC-, BIC- und aBIC-Kriterium mit zunehmender Profilzahl. Erneut deuten der LMR- sowie der VL-LRT-Test darauf hin, dass eine Erhöhung der Profilanzahl nicht zu einer besseren Modellpassung beitragen würde. Da die Entropie der zwei-Profillösung nur knapp unter dem angestrebten Wert von 0.7 liegt und diese Profillösung die einzige ist, welche keine Gruppe aufweist, in der weniger als 5 % der Stichprobe enthalten ist, wird diese Lösung zum Post-Zeitpunkt bevorzugt. Zum Follow-up-Zeitpunkt nehmen die Werte des AIC-, BIC- und aBIC-Kriteriums erneut mit zunehmender Profilanzahl ab. Auch hier deuten der LMR- sowie der VL-LRT-Test an, dass eine Erhöhung der Profilanzahl nicht zu einer besseren Passung des Modells führen würde und sprechen damit für die drei-Profillösung. Da hierbei ebenfalls keine Gruppe mit weniger als 5 % der Stichprobe auftritt und auch die Entropie für diese Klassenlösung einen guten Wert aufweist (Entropie > 0.7), wird die drei-Profillösung für den Follow-up-Zeitpunkt bevorzugt.

Im zweiten Schritt der latenten Profilanalyse werden die Profile nach Hickendorff et al. (2018) interpretiert und benannt. In Abbildung 23 sind dafür pro Messzeitpunkt die jeweiligen Profile mit den zugewiesenen Profilnamen dargestellt²⁴. Während sich Lernende des *sophistizierten Profils* durch sehr hohe Werte in allen vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen auszeichnen, weisen Lernende des *leicht sophistizierten Profils* etwas geringere Werte in den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen auf (siehe auch Tabelle 22).

²⁴ Aufgrund der Ähnlichkeit der in dieser Studie identifizierten Profile zu einem Teil der von Chen (2012) und Kampa et al. (2016) identifizierten Profile werden deren Profilnamen, im Sinne der Vergleichbarkeit, auch in dieser Studie verwendet. Für detaillierte Vergleiche der Profile aus dieser Studie mit den Profilen aus den anderen beiden Studien siehe die dazugehörige Diskussion in Abschnitt 11.2.1.

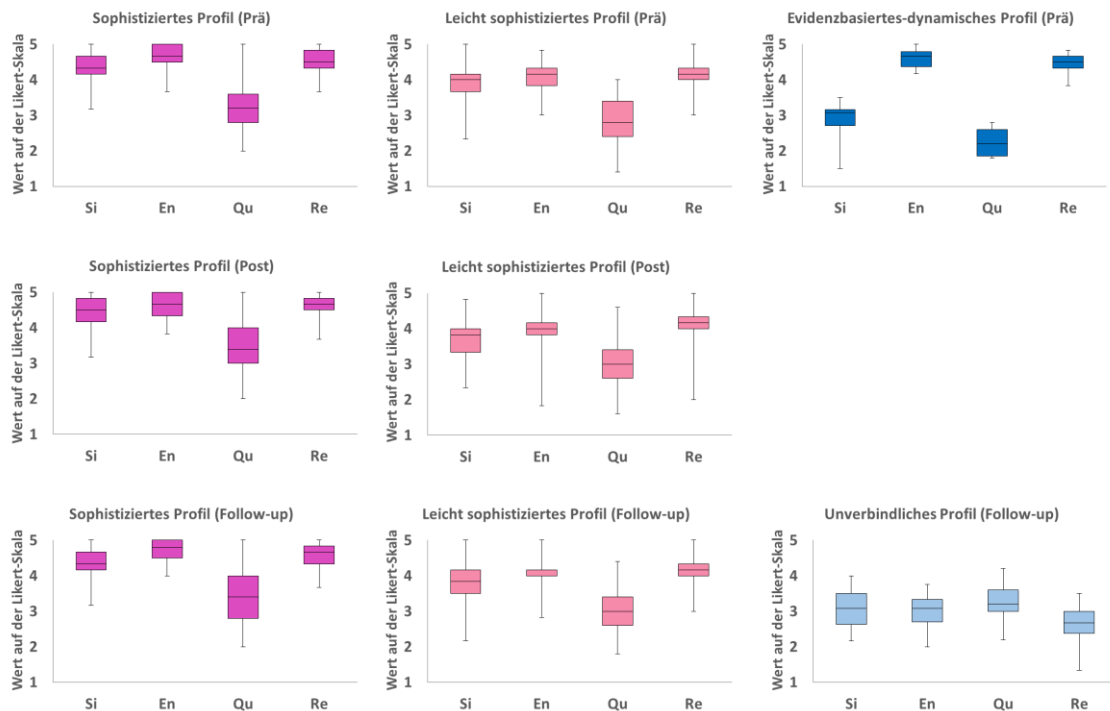


Abbildung 23: Boxplots für die identifizierten Profile pro Messzeitpunkt. In der ersten Zeile befinden sich die Profile zum Prä-Messzeitpunkt, in der Mitte die identifizierten Profile für den Post- und in der dritten Zeile die Profile zum Follow-up-Messzeitpunkt. Dabei sind jeweils auf der X-Achse die vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen aufgetragen: Sicherheit (Si), Entwicklung (En), Quelle (Qu) und Rechtfertigung (Re) von Wissen. Auf der Y-Achse sind die Werte auf der Likert-Skala aufgetragen. Lernende des sophistizierten Profils verfügen zu allen drei Messzeitpunkten über die fortgeschrittensten Vorstellungen, während jene von Lernenden des leicht sophistizierten Profils ebenfalls hoch aber im Vergleich etwas weniger fortgeschritten sind. Lernende des evidenzbasierten-dynamischen Profils zeichnen sich durch hohe Werte in den Dimensionen Entwicklung und Rechtfertigung von Wissen bei gleichzeitig geringeren Werten in den Dimensionen Sicherheit und Quelle von Wissen aus. Lernende des unverbindlichen Profils weisen in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen Werte auf, welche nahe der Mitte der Likert-Skala liegen.

Lernende des *evidenzbasierten-dynamischen Profils*, welches lediglich zum Prä-Zeitpunkt auftritt, weisen sehr hohe Werte in den Dimensionen Rechtfertigung und Entwicklung und gleichzeitig sehr geringe Werte in den Dimensionen Sicherheit und Quelle auf. Weiter scheinen Lernende des *unverbindlichen Profils*, welches lediglich zum Follow-up-Zeitpunkt auftritt, bezüglich keiner Dimension eine Position beziehen zu wollen, sodass die Mittelwerte in allen Dimensionen mittig auf der Likert-Skala liegen. Insgesamt kann somit die Hypothese H_{2a} [Zu den drei Messzeitpunkten können jeweils Profile identifiziert werden, welche sich hinsichtlich ihres Ausprägungsgrades der vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen nach Conley et al. (2004) unterscheiden.] angenommen werden.

Tabelle 22: Mittelwerte und Standardabweichungen [M (SD)] der Profile pro Zeitpunkt in den jeweiligen Dimensionen epistemischer Überzeugungen.

Prä	Sophistiziertes Profil	Leicht sophistiziertes Profil	Evidenzbasiertes- dynamisches Profil
Quelle	3.29 (0.31)	2.91 (0.31)	2.46 (0.31)
Sicherheit	4.45 (0.14)	3.95 (0.14)	3.11 (0.14)
Rechtfertigung	4.70 (0.09)	4.07 (0.09)	4.58 (0.09)
Entwicklung	4.53 (0.10)	4.17 (0.10)	4.44 (0.10)
N (%)	163 (53 %)	125 (41 %)	19 (6 %)
Post	Sophistiziertes Profil	Leicht sophistiziertes Profil	
Quelle	3.42 (0.41)	2.96 (0.41)	
Sicherheit	4.47 (0.17)	3.65 (0.17)	
Rechtfertigung	4.59 (0.17)	3.98 (0.17)	
Entwicklung	4.57 (0.16)	4.11 (0.16)	
N (%)	171 (59 %)	121 (41 %)	
Follow-up	Sophistiziertes Profil	Leicht sophistiziertes Profil	Unverbindliches Profil
Quelle	3.34 (0.46)	3.04 (0.46)	3.25 (0.46)
Sicherheit	4.41 (0.23)	3.87 (0.23)	3.10 (0.23)
Rechtfertigung	4.74 (0.08)	4.06 (0.08)	3.01 (0.08)
Entwicklung	4.62 (0.10)	4.16 (0.10)	2.63 (0.10)
N (%)	114 (44 %)	128 (50 %)	16 (6 %)

10.2.2 Charakterisierung der Profile zu den drei Messzeitpunkten

Für eine Charakterisierung der in Abschnitt 10.2.1 identifizierten Profile sowie eine stärkere Abgrenzung der Profile voneinander wurde der dritte Schritt im Rahmen der latenten Profilanalyse nach Hickendorff et al. (2018) durchgeführt: eine Charakterisierung der Profile durch externe Variablen (siehe dafür auch Forschungsfrage 2b, Abschnitt 4.2). Dafür wurde mithilfe der *auxiliary (BCH)*-Methode in Mplus ermittelt, inwiefern sich die Mittelwerte der einzelnen Profile in den Kovariaten pro Messzeitpunkt voneinander unterscheiden (siehe dafür auch Abschnitt 9.1.6).

In Tabelle 23 sind die Ergebnisse des Kovariatenvergleichs für den Prä-Zeitpunkt aufgeführt. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied im individuellen Interesse an Biomedizin zwischen Lernenden des sophistizierten Profils ($M = 2.92$) und des leicht sophistizierten Profils ($M = 2.72$), wobei erstere ein höheres Interesse aufweisen. Darüber hinaus unterscheiden sich Lernende des sophistizierten Profils signifikant von jenen aus den anderen beiden im Alter und der Jahrgangsstufe, wobei die Schülerinnen und Schüler dieses Profils älter sind und einer höheren Jahrgangsstufe angehören. Zum Prä-Zeitpunkt zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Lernenden der drei identifizierten Profile hinsichtlich des Vertrauens, der Zeugnisnoten in den naturwissenschaftlichen Fächern sowie des Fachwissens bezüglich der Inhalte der außerschulischen Lerneinheit.

Tabelle 23: Mittelwerte der Profile zum Prä-Zeitpunkt hinsichtlich lernprozessrelevanter Konstrukte.

Prä	Sophistiziertes Profil (1)	Leicht sophistiziertes Profil (2)	Evidenzbasiertes-dynamisches Profil (3)
Individuelles Interesse an Biomedizin *	2.92 ^{2*}	2.72 ^{1*}	2.89
Vertrauen	3.52	3.56	3.78
Alter *	15.88 ^{2*,3*}	15.53 ^{1*}	15.13 ^{1*}
Jahrgang *	10.01 ^{2*,3*}	9.70 ^{1*}	9.48 ^{1*}
Letzte Zeugnisnote Biologie	2.44	2.64	2.39
Letzte Zeugnisnote Chemie	2.42	2.64	2.52
Letzte Zeugnisnote Physik	2.61	2.61	2.74
Fachwissen	-0.59	-0.70	-0.45

Notiz: Die Exponenten verdeutlichen, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden, wobei * für $p < .05$ steht und die Zahlen andeuten, zu welchem anderen Profil ein Unterschied besteht. In der Spalte ganz links wird markiert, wenn der Gesamttest signifikant wird.

Die Ergebnisse des Kovariatenvergleichs zum Post-Zeitpunkt²⁵ sind in Tabelle 24 dargestellt. Die Lernenden der zwei identifizierten Profile zum Post-Zeitpunkt

²⁵ Zum Post- und Follow-up-Messzeitpunkt werden zusätzlich auch die Werte hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung für die Charaktisierung der Profile mit einbezogen, welche am Ende des Projekttagess erfasst wurden.

unterscheiden sich lediglich signifikant im individuellen Interesse an Biomedizin und in der Jahrgangsstufe, wobei die Schülerinnen und Schüler des sophistizierten Profils ein höheres Interesse vorweisen und einer höheren Jahrgangsstufe angehören.

Tabelle 24: Mittelwerte der Profile zum Post-Zeitpunkt hinsichtlich lernprozessrelevanter Konstrukte.

Post	Sophistiziertes Profil (1)	Leicht sophistiziertes Profil (2)
Individuelles Interesse an Biomedizin *	2.98 ^{2*}	2.77 ^{1*}
Vertrauen	3.54	3.62
Situationales Interesse	3.79	3.64
Kognitive Belastung	3.10	3.19
Alter	15.74	15.62
Jahrgang *	9.95 ^{2*}	9.69 ^{1*}
Letzte Zeugnisnote Biologie	2.47	2.47
Letzte Zeugnisnote Chemie	2.49	2.55
Letzte Zeugnisnote Physik	2.60	2.56
Fachwissen	0.56	0.26

Notiz: Die Exponenten verdeutlichen, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden, wobei * für $p < .05$ steht und die Zahlen andeuten, zu welchem anderen Profil ein Unterschied besteht. In der Spalte ganz links wird markiert, wenn der Gesamttest signifikant wird.

Die Ergebnisse zum Kovariatenvergleich am Follow-up-Zeitpunkt befinden sich in Tabelle 25. Lernende des unverbindlichen Profils unterscheiden sich signifikant von dem sophistizierten bzw. dem leicht sophistizierten Profil hinsichtlich des individuellen Interesses an Biomedizin und des Vertrauens, wobei diese ein geringeres Interesse an Biomedizin sowie ein geringeres Vertrauen aufweisen. Außerdem zeigen Lernende des unverbindlichen Profils ein signifikant geringeres situationales Interesse am Ende des Projekttagess als Lernende des sophistizierten Profils. Darüber hinaus unterscheiden sich Lernende, welche am Follow-up-Zeitpunkt dem sophistizierten Profil zugeordnet wurden, signifikant von Lernenden der anderen beiden Profile bei der letzten Zeugnisnote in Biologie und dem erworbenen Fachwissen aus der außerschulischen

Lerneinheit, wobei sie eine bessere Zeugnisnote in Biologie und einen höheren Wert im Fachwissenstest vorweisen.

Tabelle 25: Mittelwerte der Profile zum Follow-Zeitpunkt hinsichtlich lernprozessrelevanter Konstrukte.

Follow-up	Sophistiziertes Profil (1)	Leicht sophistiziertes Profil (2)	Unverbindliches Profil (3)
Individuelles Interesse an Biomedizin *	2.87 ^{3*}	2.71 ^{3*}	2.32 ^{1*,2*}
Vertrauen *	3.62 ^{3**}	3.57 ^{3*}	3.00 ^{1**,2*}
Situationales Interesse *	3.81 ^{3*}	3.65	3.19 ^{1*}
Kognitive Belastung	3.01	3.12	3.27
Alter	15.73	15.61	15.63
Jahrgang	9.91	9.71	9.81
Letzte Zeugnisnote Biologie *	2.32 ^{3*,2*}	2.61 ^{1*}	3.00 ^{1*}
Letzte Zeugnisnote Chemie	2.47	2.56	2.92
Letzte Zeugnisnote Physik	2.59	2.60	3.07
Fachwissen*	0.43 ^{3*,2*}	0.08 ^{1*}	-0.11 ^{1*}

Notiz: Die Exponenten verdeutlichen, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden, wobei * für $p < .05$ und ** für $p < .001$ steht und die Zahlen andeuten, zu welchem anderen Profil ein Unterschied besteht. In der Spalte ganz links wird markiert, wenn der Gesamttest signifikant wird.

Die Hypothese H_{2b} [Die identifizierten Profile unterscheiden sich pro Messzeitpunkt hinsichtlich ihrer Note in den naturwissenschaftlichen Fächern, des Alters und der Jahrgangsstufe sowie ihres individuellen Interesses, des Fachwissens, des Vertrauens in die Wissenschaft (-ler/innen) sowie zum Post- und Follow-up-Zeitpunkt hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.] konnte dabei nur teilweise bestätigt werden.

10.2.3 Charakterisierung des unverbindlichen Profils mittels qualitativer Daten

Zur Adressierung der Forschungsfrage 2c [Inwiefern können Subgruppen mithilfe der schriftlichen Äußerungen zu den Concept Cartoons und den Diskussionsbeiträgen der

Lernenden charakterisiert werden?], wurde aus den identifizierten Profilen (siehe Abschnitt 10.2.1) das unverbindliche Profil vom Follow-up-Messzeitpunkt als auffälliges Profil ausgewählt, da Lernende diesen Profils sich sowohl in ihren Ausprägungen in den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen sowie in den anderen Kovariaten deutlich von den Lernenden der anderen Profile unterscheiden (siehe Abschnitt 10.2.2). Mittels der qualitativen Daten wurde explorativ untersucht, ob erste Indizien für das Fragebogenverhalten dieses Profils generiert werden können. Aus diesem Profil wurden dafür jene Lernenden herausgegriffen, welche Teil der Interventionsgruppe (2) *explizit* waren und somit an der Nachbereitungsstunde mit den *Concept Cartoons* teilgenommen haben ($n = 8$). Ihre schriftlichen Meinungsäußerungen auf den Arbeitsblättern zu den *Concept Cartoons* und ihre Diskussionsbeiträge wurden hierfür gemeinsam in einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (siehe für die Methodenbeschreibung Abschnitt 9.2.2 sowie für die Ergebnisse Anhang H). Im Folgenden werden die Ergebnisse sowie die Auffälligkeiten der Lernenden dieser Gruppe beschrieben. Zur Gewährleistung der Anonymität wurden die Lernenden durchnummeriert, sodass in den Ergebnissen der qualitativen Inhaltsanalyse im Anhang H sowie im Folgenden von den Schülerinnen und Schülern mit den Nummern eins bis acht gesprochen wird.

Bei drei der insgesamt acht Lernenden (Nr. 1, 2 und 5) aus dem unverbindlichen Profil finden sich sowohl in den schriftlichen Antworten bei den *Concept Cartoons* als auch in ihren Diskussionsbeiträgen Aussagen mit einem unverbindlichen Charakter, welche dabei meist nur wenig zu dem jeweiligen *Concept Cartoon* passen. So sagt beispielsweise Schülerin 2 im Rahmen der Gruppendiskussion zum *Concept Cartoon* Quelle des Wissens (siehe Anhang H, S. 295): „*Es kann sich alles verändern und wandeln.*“ Schüler 1 äußert weiter zum *Concept Cartoon* zur Rechtfertigung des Wissens (siehe Anhang H, S. 291): „*Man muss Gewiss{heit} und Sicherheit haben.*“ Weiter hebt Schüler 5 die Aussage „*Es gibt keine absolute Antwort in der Wissenschaft.*“ (siehe Anhang H, S. 305) eines anderen Gruppenmitglieds in der Diskussion über den *Concept Cartoon* zur Entwicklung von Wissen hervor und betont, dass er selbst es nicht hätte besser formulieren können.

Bei den Schülern 5, 7 und 8 ist außerdem ein auffälliges Verhalten während der Gruppendiskussion zu beobachten. So schreibt Schüler 5 im ersten Antwortfeld zur Meinungsäußerung zum Cartoon Entwicklung lediglich „*Das stimmt so nicht*“ (siehe Anhang H, S. 305). Gleiches äußert er auch im Rahmen der Gruppendiskussion. Als jedoch die anderen nachfragen, was denn nicht stimmen solle, entgegnet Schüler 5, dass er das nicht wisse. In der Diskussion über den Cartoon Quelle des Wissens fragt Schüler 5 ein anderes Gruppenmitglied, warum es denn notwendig sein solle, immer kritisch zu hinterfragen. Schüler 5 hatte in dem ersten Antwortfeld lediglich „*Richtig*“ geschrieben (siehe Anhang H, S. 305). Schüler 7 reagiert in der Diskussion nur auf Nachfrage. Zunächst scheint Schüler 7 dabei der Diskussion nicht ganz folgen zu können und liest auf Nachfrage, was denn seine Meinung sei, die schriftliche Antwort zum Entwicklungs-Cartoon vor, während alle anderen schon längst den Quelle-Cartoon diskutieren. Als schließlich über den Rechtfertigungs-Cartoon diskutiert wird und die anderen wieder nach der Meinung von Schüler 7 fragen, entgegnet Schüler 7, dass er bei diesem Cartoon noch nichts habe (Dort steht lediglich „*Ein Experiment...*“ (siehe Anhang H, S. 312)). Schüler 7 erklärt weiter, dass er die Frage nicht komplett verstanden habe, d.h. um welche Experimente es hier gehe, und deshalb dazu nichts geschrieben habe. Als die anderen daraufhin fragen, wem er denn nun zustimme, bittet Schüler 7 die anderen, zu warten. Während diese weiter diskutieren, scheint Schüler 7 weiter über den Cartoon nachzudenken und äußert schließlich seine Zustimmung zu dem Jungen mit den kurzen Haaren (sophistiziertere Sichtweise). Auch Schüler 8 hat es nicht geschafft etwas zum Rechtfertigungs-Cartoon auszuformulieren und äußert dies auch in der Gruppendiskussion. Schüler 8 scheint daher hinterher beide Felder der Meinungsäußerung ausgefüllt zu haben und diese dabei möglicherweise aus der Gruppendiskussion übernommen zu haben. Bei Schülerin 2 fällt auf, dass sie, trotz nicht zuordenbaren Cartoon-Antworten, eine sehr aktive Beteiligung mit guten Beiträgen in der Gruppendiskussion zeigt.

Bei den Lernenden 3, 4 und 6 sind die *Concept Cartoon*-Antworten sowie ihr Agieren in der Gruppendiskussion unauffällig. Diese Lernenden scheinen sich in den ausformulierten Antworten ihrer Meinung relativ sicher zu sein. So äußert beispielsweise Schüler 6 in der Diskussion über den Rechtfertigungs-Cartoon (siehe Anhang H, S. 308-309): „*Experimente muss man schon mehrmals durchführen, um ein*

eindeutiges Ergebnis zu haben, denke ich. Und ich glaube, dass Kreativität eine große Rolle spielt, weil manchmal da durch Zufall Experimente entstehen und Ergebnisse gefunden werden. Deswegen stimme ich da zu.“ Damit unterscheiden sich die *Concept Cartoon*-Antworten sowie das Verhalten in der Gruppendiskussion stark von den Fragebogenwerten dieser Lernenden.

Der Vergleich der Antwort-Kategorien der Lernenden vor und nach der Gruppendiskussion zeigt weiter, dass nur bei Schüler 7 ein Wechsel der Kategorie bei den Cartoons zur Entwicklung (Von Kategorie 10 nach 7) und zur Quelle (Von Kategorie 5 nach 7) zu verzeichnen ist. Die Antworten aller anderen Lernenden sind zu beiden Zeitpunkten denselben Kategorien zugeordnet worden.

10.2.4 Identifizierung von Profilwechseln

Da durch die Anwendung der variablenzentrierten Herangehensweise keine Veränderungen epistemischer Überzeugungen in der Intervention gezeigt werden konnten (siehe Abschnitt 10.1.3), wurde zusätzlich ein personenzentrierter Ansatz verwendet. Dafür wurde mithilfe der latenten Transitionsanalyse untersucht (siehe Abschnitt 9.1.6), inwiefern sich im Verlaufe der Intervention Profilwechsel zwischen den in Kapitel 10.2.1 beschriebenen Profilen zu den drei Messzeitpunkten identifizieren lassen (Forschungsfrage 2d). Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

Die Varianzen wurden bei der latenten Transitionsanalyse ebenfalls fixiert. Die Entropie des LTA-Modells liegt bei .822, was auf eine klare Klassifizierung hindeutet (Flaig et al., 2018; Flunger et al., 2015; Kampa et al., 2016). Mplus gibt dabei die latenten Transitionswahrscheinlichkeiten basierend auf dem geschätzten Modell im Verlaufe der Zeit aus (siehe Abbildung 24). Mittels dieser Wahrscheinlichkeiten werden die Transitionspfade berechnet (Flaig et al., 2018). In einem Modell mit drei Messzeitpunkten und drei Profilen zum Prä-Zeitpunkt, zwei Profilen zum Post-Zeitpunkt und drei Profilen zum Follow-up-Zeitpunkt gibt es theoretisch $3 \times 2 \times 3 = 18$ mögliche Transitionspfade zwischen den Profilen über den Verlauf der Intervention. Die Schülerinnen und Schüler befinden sich dabei auf 10 der 18 möglichen Pfade.

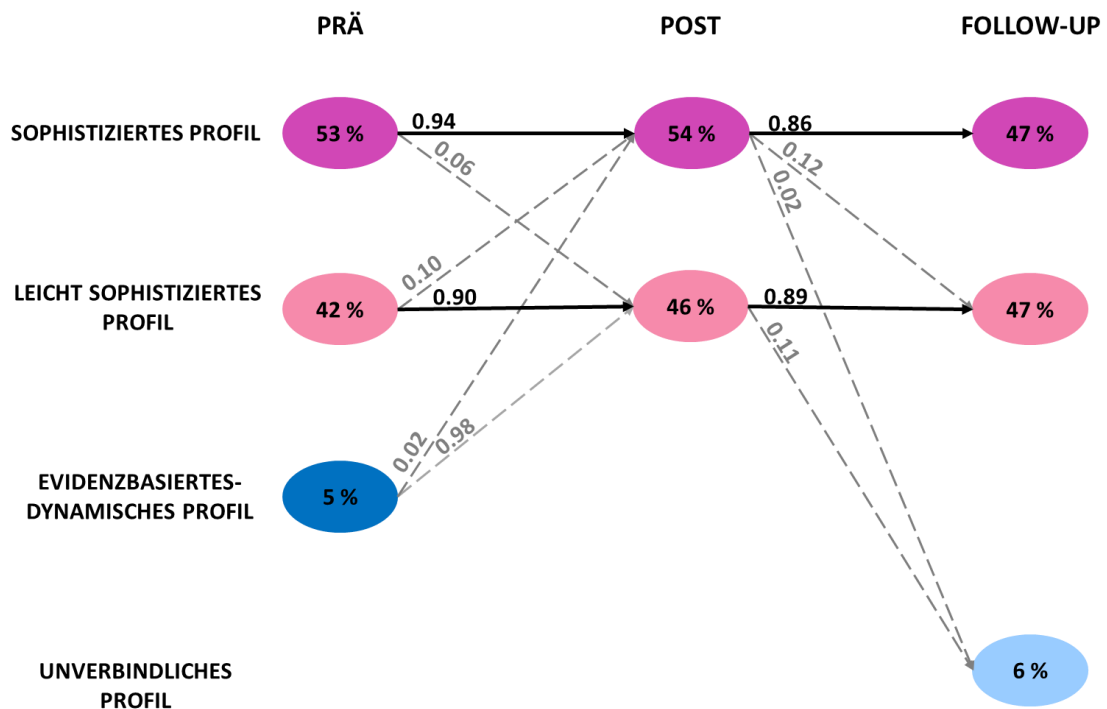








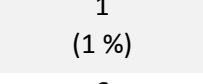

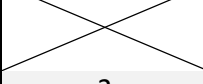







Abbildung 24: Wahrscheinlichkeiten für Profilwechsel im Verlauf der Interventionsstudie in der Gesamtstichprobe. Das Diagramm zeigt die Transitionen zwischen den pro Messzeitpunkt (Prä, Post, Follow-up) identifizierten Profilen. Die Zahlen in den Ovalen geben den prozentualen Anteil der Lernenden aus der Gesamtstichprobe in diesem Profil wieder. Die Zahlen auf den Pfeilen geben die Wahrscheinlichkeiten für die jeweilige Transition an. Die schwarzen, durchgezogenen Pfeile mit schwarzen Zahlen symbolisieren dabei die Wahrscheinlichkeit für das Beibehalten eines Profils zwischen den jeweiligen Messzeitpunkten. Die hellgrauen, gestrichelten Pfeile mit den grauen Zahlen stellen hingegen die Wahrscheinlichkeiten für einen Profilwechsel dar. Insgesamt ist dem Diagramm zu entnehmen, dass die meisten Lernenden im Verlauf der Intervention ihr Profil beibehalten, aber dennoch einige Profilwechsel identifiziert werden können.

Eine Übersicht der (nicht) aufgetretenen Pfade ist in Tabelle 33 im Anhang G dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass die Mehrheit der Lernenden ihr Profil über die drei Messzeitpunkte beibehält (ca. 81 %). Für eine nähere Betrachtung der Profilwechsel zwischen den drei Messzeitpunkten wurden sowohl die Häufigkeiten der Transitionspfade (siehe Tabelle 26) als auch die prozentualen Profilwechsel (siehe Abbildung 25) jeweils in der Kontrollgruppe sowie in den beiden Interventionsgruppen untersucht (für eine Beschreibung der Gruppen siehe Abschnitt 8.1.2). Auch in den drei Gruppen bleibt jeweils der Großteil der Lernenden zwischen den drei Messzeitpunkten in dem gleichen Profil (siehe Tabelle 26, Kontrolle: 85 %, Interventionsgruppe (1) *implizit*: 87 %, Interventionsgruppe (2) *explizit*: 73 %). Der Anteil der Lernenden, die über den Verlauf der drei Messzeitpunkte ihr Profil beibehält, ist dabei in der Interventionsgruppe (2) *explizit* etwas niedriger als in den anderen beiden Gruppen. Des

Weiteren treten innerhalb der Kontrollgruppe lediglich sechs der zehn in der Gesamtstichprobe aufgetretenen Pfade auf, während sich in den Interventionsgruppen jeweils neun der zehn aufgetretenen Pfade zeigen.

Tabelle 26: Übersicht der absoluten und relativen Häufigkeiten der in der Gesamtstichprobe aufgetretenen Pfade in der Kontrollgruppe sowie den beiden Interventionsgruppen.²⁶

Aufgetretene Pfade	Kontroll- gruppe (n = 87)	Interventions- gruppe (1) <i>implizit</i> (n = 114)	Interventions- gruppe (2) <i>explizit</i> (n = 131)
		1 (1 %)	
	5 (6 %)	2 (2 %)	4 (3 %)
	3 (3 %)	3 (3 %)	6 (5 %)
	36 (41 %)	35 (31 %)	45 (34 %)
			1 (1 %)
		2 (2 %)	6 (5 %)
	2 (2 %)	1 (1 %)	6 (5 %)
		1 (1 %)	2 (2 %)
	3 (3 %)	2 (2 %)	9 (7 %)
	38 (44 %)	64 (56 %)	51 (39 %)

Insgesamt können damit zwischen den drei Messzeitpunkten einige Profilwechsel identifiziert werden. Die prozentualen Häufigkeiten von Profilwechseln zwischen Prä und Post bzw. Post und Follow-up unterscheiden sich dabei nur leicht in den verschiedenen Gruppen (siehe Abbildung 25).

²⁶ Die fehlenden Prozente pro Gruppe gehen auf fehlende Daten zurück.

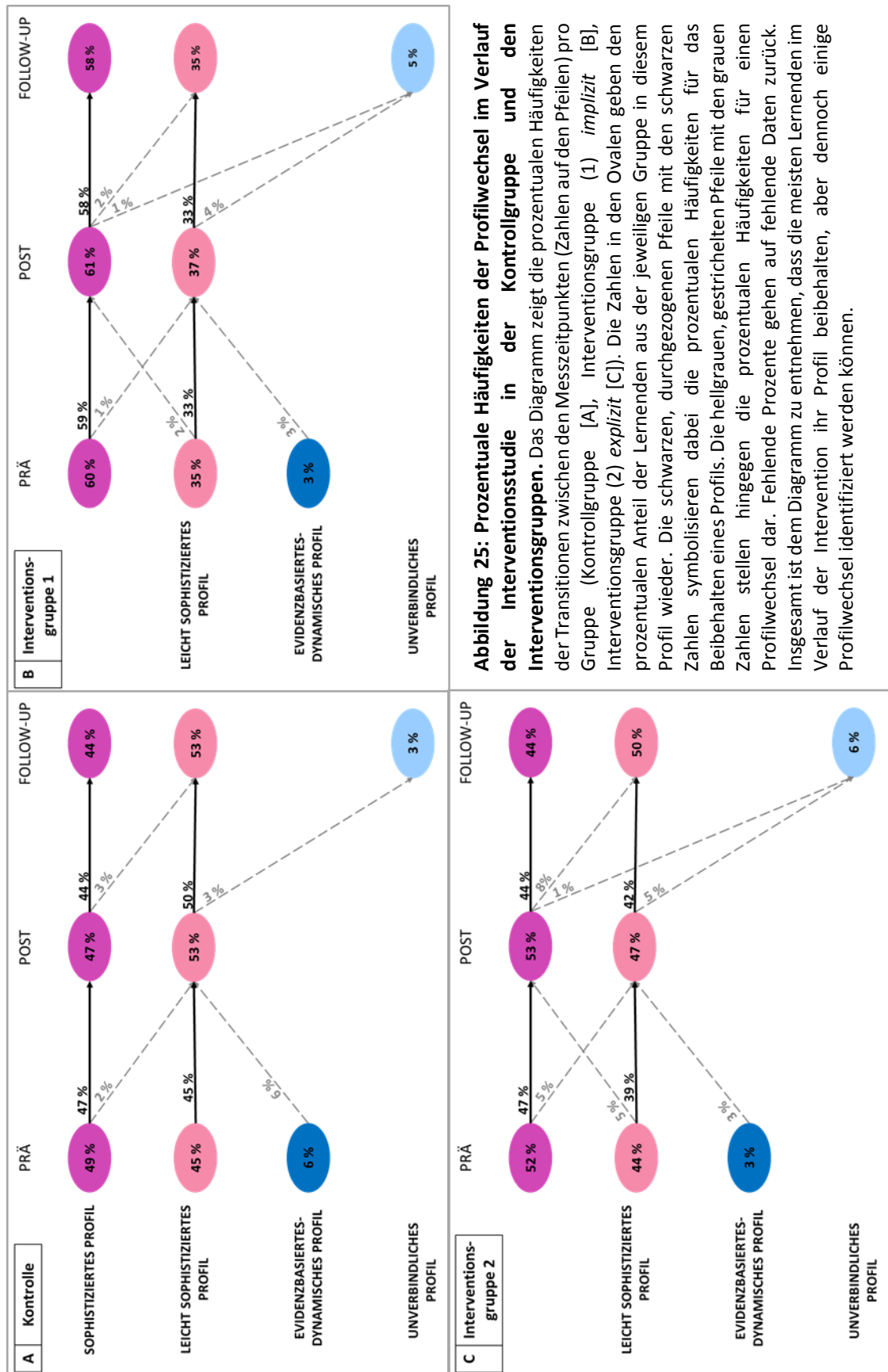


Abbildung 25: Prozentuale Häufigkeiten der Profilwechsel im Verlauf der Interventionsstudie in der Kontrollgruppe und den Interventionsgruppen. Das Diagramm zeigt die prozentualen Häufigkeiten der Transitionen zwischen den Messzeitpunkten (Zahlen auf den Pfeilen) pro Gruppe (Kontrollgruppe [A], Interventionsgruppe (1) *implizit* [B], Interventionsgruppe (2) *explizit* [C]). Die Zahlen in den Ovalen geben den prozentualen Anteil der Lernenden aus der jeweiligen Gruppe in diesem Profil wieder. Die schwarzen, durchgezogenen Pfeile mit den schwarzen Zahlen symbolisieren dabei die prozentualen Häufigkeiten für das Beibehalten eines Profils. Die hellgrauen, gestrichelten Pfeile mit den grauen Zahlen stellen hingegen die prozentualen Häufigkeiten für einen Profilwechsel dar. Fehlende Prozente gehen auf fehlende Daten zurück. Insgesamt ist dem Diagramm zu entnehmen, dass die meisten Lernenden im Verlauf der Intervention ihr Profil beibehalten, aber dennoch einige Profilwechsel identifiziert werden können.

Unter den Profilwechseln, welche eine Veränderung beinhalten, treten sowohl Wechsel hin zu einem Profil mit fortgeschritteneren Überzeugungen (z.B. von leicht sophistiziert zu sophistiziert) als auch gegensätzliche Entwicklungen (z.B. von leicht sophistiziert zu unverbindlich) auf. Außerdem zeigt sich bei einigen Lernenden eine gleichzeitige Zu- und Abnahme in jeweils zwei der Dimensionen epistemischer Überzeugungen (z.B. von evidenzbasiert-dynamisch zu leicht sophistiziert).

Die Hypothese H_{2d} [*Zwischen den Messzeitpunkten Prä, Post und Follow-up können Profilwechsel identifiziert werden. Es ist dabei zu erwarten, dass sich in den beiden Interventionsgruppen mehr Profilwechsel als in der Kontrollgruppe zeigen sowie mehr Profilwechsel bei der expliziten Interventionsgruppe (2) im Vergleich zur impliziten Interventionsgruppe (1).*] kann somit nur teilweise als bestätigt angesehen werden.

10.3 Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zum Forschungsschwerpunkt 3, den epistemischen Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess, dargestellt (für die Forschungsfragen siehe Kapitel 4.3). Dafür wird zunächst auf die Ergebnisse zu Korrelationen zwischen den vier Dimensionen biomedizinbezogener epistemischer Überzeugungen und weiteren lernprozessrelevanten Konstrukten mit Bezug zur Biomedizin sowie innerhalb der Profile zum Prä-Zeitpunkt eingegangen (Abschnitt 10.3.1). Anschließend wird vorgestellt, inwiefern sich die Prä-Profile hinsichtlich ihrer Werte bei den anderen lernprozessrelevanten Konstrukten zum Postzeitpunkt unterscheiden (Abschnitt 10.3.2).

10.3.1 Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen mit lernprozessrelevanten Konstrukten zum Prä-Zeitpunkt

Um zu prüfen, inwiefern vor der Intervention (zum Prä-Messzeitpunkt) zwischen den Dimensionen biomedizinbezogener epistemischer Überzeugungen und dem fachlichen Vorwissen in Bezug auf die außerschulische Lerneinheit, dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) sowie dem individuellen Interesse an Biomedizin ein Zusammenhang besteht (siehe Forschungsfrage 3a, Abschnitt 4.3), wurden bivariate

Korrelationen zwischen den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen und weiteren lernprozessrelevanten Konstrukten berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 27 dargestellt.²⁷

Das individuelle Interesse an Biomedizin korreliert leicht mit der Dimension Rechtfertigung von Wissen ($r = .25, p < .01$). Darüber hinaus hängt auch das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) leicht mit der Dimension Rechtfertigung zusammen ($r = .15, p < .01$). Außerdem korreliert das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) leicht negativ mit der Dimension Quelle von Wissen ($r = -.24, p < .01$). Dies bedeutet, dass Lernende, welche ein höheres Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) haben, auch stärker an Autoritäten und andere Quellen des Wissens glauben (naivere Position). Während die Hypothesen H_{3a-2} und H_{3a-3} als teilweise bestätigt angesehen werden können, muss die Hypothese H_{3a-1} verworfen werden.

Tabelle 27: Bivariate Korrelationen zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem fachlichen Vorwissen in der Gesamtstichprobe zum Prä-Messzeitpunkt.

	Dimension epistemischer Überzeugungen			
	Sicherheit	Entwicklung	Quelle	Rechtfertigung
Individuelles Interesse an Biomedizin	.10	.10	.00	.25**
Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen)	-.10	.02	-.24**	.15**
Fachliches Vorwissen	.08	.07	.03	.04

Notiz: Hierbei steht ** für $p < .01$ (2-seitig).

Außerdem wurde explorativ untersucht, ob sich die Zusammenhänge zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse an Biomedizin, dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) sowie dem fachlichen Vorwissen innerhalb der identifizierten Profile (siehe Abschnitt 10.2.1) unterscheiden (Forschungsfrage 3b). Da davon ausgegangen werden kann, dass die einzelnen Lernenden von Interventionen ganz unterschiedlich angesprochen werden, kann der personenzentrierte Ansatz an dieser Stelle genutzt werden, um zu untersuchen, welche Zusammenhänge mit anderen lernprozessrelevanten Konstrukten sich bei Lernenden

²⁷ Die bivariaten Korrelationen zwischen dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem fachlichen Vorwissen in der Gesamtstichprobe zum Prä-Messzeitpunkt sowie die Interkorrelationen der Dimensionen epistemischer Überzeugungen zu allen drei Messzeitpunkten finden sich im Anhang G in den Tabellen 34-37.

mit einem bestimmten Muster an epistemischen Überzeugungen, d.h. eines bestimmten Profils, zeigen. Dies ist insbesondere für das Konzipieren zielgruppenadäquater Angebote im Schülerlabor von Bedeutung. Die Ergebnisse dazu befinden sich in Tabelle 28.

Innerhalb des sophistizierten Profils kann ein leicht negativer Zusammenhang zwischen dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) und der Dimension Quelle des Wissens ($r = -.20, p < .05$) sowie ein leicht positiver Zusammenhang zwischen dem individuellen Interesse an Biomedizin und der Dimension Rechtfertigung des Wissens ($r = .17, p < .05$) identifiziert werden. Im leicht sophistizierten Profil korreliert zum Prä-Zeitpunkt die Dimension Rechtfertigung leicht mit dem individuellen Interesse ($r = .24, p < .01$) und ebenfalls leicht mit dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) ($r = .23, p < .01$). Darüber hinaus findet sich ein mittelstarker, negativer Zusammenhang zwischen dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) und der Dimension Quelle ($r = -.32, p < .01$).

Tabelle 28: Bivariate Korrelationen zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem Fachwissen in den Profilen zum Prä-Messzeitpunkt.

Sophistiziertes Profil	Dimension epistemischer Überzeugungen			
	Quelle	Sicherheit	Entwicklung	Rechtfertigung
Individuelles Interesse an Biomedizin	-.01	.07	.02	.17*
Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen)	-.20*	-.08	.05	.10
Fachliches Vorwissen	-.06	.01	-.01	.08
Leicht sophistiziertes Profil	Dimension epistemischer Überzeugungen			
	Quelle	Sicherheit	Entwicklung	Rechtfertigung
Individuelles Interesse an Biomedizin	-.08	.02	-.05	.24**
Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen)	-.32**	-.12	-.17	.23**
Fachliches Vorwissen	.09	.14	.03	-.08
Evidenzbasiertes-dynamisches Profil	Dimension epistemischer Überzeugungen			
	Quelle	Sicherheit	Entwicklung	Rechtfertigung
Individuelles Interesse an Biomedizin	.19	.70*	.07	.60*
Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen)	-.20	.21	.72**	-.36
Fachliches Vorwissen	-.24	-.39	-.12	-.12

Notiz: Hierbei steht * für $p < .05$ (2-seitig) und ** für $p < .01$ (2-seitig).

Innerhalb des evidenzbasierten-dynamischen Profils korreliert das individuelle Interesse stark mit der Dimension Rechtfertigung ($r = .60, p < .05$) sowie ebenfalls stark mit der Dimension Sicherheit ($r = .70, p < .05$). Darüber hinaus korreliert das Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) stark mit der Dimension Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens ($r = .72, p < .01$).

Weiter wurde geprüft, ob sich die Zusammenhänge in den einzelnen Profilen signifikant voneinander unterscheiden. Es zeigt sich dabei ein signifikanter Unterschied im Zusammenhang zwischen der Dimension Sicherheit und dem individuellen Interesse an Biomedizin im evidenzbasierten-dynamischen Profil und dem entsprechenden Zusammenhang im leicht sophistizierten ($z = 2.43, p = .015$) bzw. sophistizierten Profil ($z = 2.30, p = .021$). Außerdem kann ein signifikanter Unterschied des Zusammenhangs der Dimension Entwicklung und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) im evidenzbasierten-dynamischen Profil und dem entsprechenden Zusammenhang im leicht sophistizierten ($z = 3.10, p = .002$) bzw. sophistizierten Profil ($z = 2.49, p = .013$) identifiziert werden. Die Hypothesen $H_{3b-1} - H_{3b-3}$ können damit nur teilweise als bestätigt betrachtet werden.

10.3.2 Vergleich der Prä-Profile in Bezug auf lernprozessrelevante Konstrukte am Post-Messzeitpunkt

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 3c [*Inwiefern unterscheiden sich die zum Prä-Zeitpunkt identifizierten Profile hinsichtlich des Fachwissens, des individuellen Interesses und des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) zum Post-Messzeitpunkt?*] wurde mithilfe der *auxiliary (BCH)*-Methode in Mplus ermittelt, inwiefern sich die Mittelwerte der einzelnen Profile zum Prä-Messzeitpunkt bezüglich der anderen lernprozessrelevanten Konstrukte am Post-Messzeitpunkt voneinander unterscheiden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 29 dargestellt. Dabei zeigt sich lediglich ein signifikanter Unterschied beim Interesse an Biomedizin zum Post-Zeitpunkt zwischen Lernenden, welche am Prä-Messzeitpunkt dem sophistizierten ($M = 2.97$) bzw. dem leicht sophistizierten Profil ($M = 2.77$) angehören.

Tabelle 29: Mittelwertsunterschiede der Prä-Profile im individuellen Interesse an Biomedizin, im Vertrauen sowie im Fachwissen am Post-Zeitpunkt.

Prä-Profil	Sophistiziertes Profil (1)	Leicht sophistiziertes Profil (2)	Evidenzbasiertes-dynamisches Profil (3)
Post-Variable			
Individuelles Interesse an Biomedizin (Post)	2.97 ^{2*}	2.77 ^{1*}	2.95
Vertrauen (Post)	3.53	3.59	3.72
Fachwissen (Post)	0.61	0.26	0.61

Notiz: Die Exponenten verdeutlichen, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden, wobei * für $p < .05$ steht und die Zahlen andeuten, zu welchem anderen Profil ein Unterschied besteht.

Während die Hypothesen H_{3c-1} und H_{3c-3} demnach verworfen werden müssen, kann die Hypothese H_{3c-2} als teilweise bestätigt angenommen werden.

VII DISKUSSION

11 Diskussion quantitativer und qualitativer Ergebnisse

Im Folgenden werden nun die in Kapitel 10 vorgestellten Ergebnisse zu den drei Forschungsschwerpunkten interpretiert und eingeordnet. Dafür wird zunächst in Abschnitt 11.1 auf die Ergebnisse zum Forschungsschwerpunkt 1, der Wirksamkeit der Intervention, eingegangen. In Abschnitt 11.2 werden dann die Ergebnisse zur Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln diskutiert (Forschungsschwerpunkt 2). Der Fokus von Kapitel 11.3 liegt abschließend auf der Diskussion der Ergebnisse bezüglich epistemischer Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess (Forschungsschwerpunkt 3).

11.1 Wirksamkeit der Intervention

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zur Wirksamkeit der Intervention diskutiert (Forschungsschwerpunkt 1, für die Forschungsfragen siehe Abschnitt 4.1, für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.1). Dabei wird zunächst auf die Ergebnisse zur Identifizierung von Mittelwertsunterschieden im Fachwissen, im individuellen Interesse und im Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) eingegangen (Abschnitt 11.1.1). Anschließend werden das situationale Interesse sowie die kognitive Belastung der Lernenden nähere Betrachtung finden (Abschnitt 11.1.2). Abschließend wird die Verwendung von *Concept Cartoons* als Erhebungs- und Instruktionsmethode diskutiert (Abschnitt 11.1.3 und 11.1.4). In Abschnitt 11.1.5 wird anschließend die Diskussion zur Wirksamkeit der Intervention zusammengefasst.

11.1.1 Wirksamkeit der außerschulischen Einheit in Bezug auf Fachwissen, individuelles Interesse und Vertrauen

Während sich die Gruppen in Bezug auf das Fachwissen zu Beginn nicht unterschieden, traten zum Post- und Follow-up-Zeitpunkt Unterschiede zwischen den Gruppen auf (siehe Abschnitt 10.1.1). So zeigte sich eine positive Wirkung der Intervention auf den Fachwissenserwerb in den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur

Kontrollgruppe (für eine Beschreibung der Gruppen siehe Abschnitt 8.1.2). Außerdem konnten diese Zuwächse im Fachwissen bei den Interventionsgruppen insbesondere im Vergleich zur Kontrollgruppe auch zum Follow-up-Zeitpunkt abgerufen werden. Bei der Kontrollgruppe veränderte sich das Fachwissen zwischen den drei Messzeitpunkten hingegen nicht, sodass ein Lerneffekt durch das Beantworten der Fachwissensfragen ausgeschlossen werden kann. Am Post-Zeitpunkt schnitt die Interventionsgruppe (1) *implizit* darüber hinaus besser im Fachwissenstest ab als die Interventionsgruppe (2) *explizit*. Ein derartiger Effekt trat zum Follow-up-Zeitpunkt allerdings nicht mehr auf.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass bereits durch einen einmaligen und eintägigen Besuch im Wissenschaftskommunikationsformat Schülerlabor sowohl kurzfristig als auch langfristig grundlegende Forschungskonzepte vermittelt werden können. Mögliche Gründe für die Nachhaltigkeit der Fachwissensvermittlung könnten die authentischen Einblicke in die medizinische Praxis und die Forschung sowie die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit der Thematik der Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose sein. So bezogen sich große Teile des Fachwissenstests auf den Projekttag, d.h. die Inhalte, welche im Einführungsfilm, dem mikrobiologischen Methodenkurs, dem Behandlungstool oder der anschließenden Diskussion vermittelt wurden. So wurde die Krankheit Mukoviszidose in dem Einführungsfilm von der Ärztin Dr. Ingrid Bobis anschaulich und in Kombination mit authentischen Einblicken in die Behandlung realer Patientinnen und Patienten und deren Röntgen- und Bronchoskopiebilder erklärt. Weiter wurde bereits hier die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Ärztinnen und Ärzten und Forschenden im Hinblick auf die Problematik der Antibiotikaresistenz betont. Nach dieser authentischen Einführung hatten die Lernenden die Möglichkeit, mikrobiologische Methoden, zu deren Durchführung Fragen im Test enthalten waren, eigenständig durchzuführen. Weiter konnten sich die Lernenden in der Rolle von Ärztinnen und Ärzten bei der Behandlung der zwei Mukoviszidose-Patienten mithilfe des digitalen Behandlungstools aktiv mit der Thematik auseinandersetzen. Aktuelle evolutionsbiologische Forschungsansätze, zu denen auch Fragen im Fachwissenstest gestellt wurden, waren dabei direkt in das Behandlungstool integriert. Ein Verständnis dieser Forschungsansätze war dabei für das Entwerfen eines geeigneten Therapieplans förderlich. Bei der Behandlung kamen die Lernenden darüber hinaus unmittelbar mit der Problematik der Antibiotikaresistenz in

166

Berührung. Im Rahmen des Behandlungsprozesses konnten gewonnene fachliche Erkenntnisse in der einstündigen Diskussion mit dem Evolutionsbiologen und Mediziner Leif Tüffers gefestigt und vertieft werden. Es bleibt in weiteren Schülerlabor-Studien zu bestätigen, ob auch bei anderen fachlichen Thematiken durch solche authentischen Einblicke bzw. eine aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Thema eine nachhaltige Wissensvermittlung bewirkt werden kann.

Die Ergebnisse zur Fachwissensvermittlung im Schülerlabor stimmen mit jenen aus bisherigen Arbeiten überein, welche ebenfalls signifikante Wissenszuwächse durch den Besuch im Schülerlabor aufzeigen konnten (Damerau, 2012; Langheinrich, 2015; Scharfenberg, 2005; Scharfenberg & Bogner, 2015; Streller, 2015; vgl. Abschnitt 1.3) und auch über längerfristige Effekte (sechs bis neun Wochen) nach der eigentlichen Intervention berichten (Damerau, 2012; Langheinrich, 2015; Scharfenberg, 2005). Scharfenberg (2005) konnte in diesem Zusammenhang zeigen, dass der Lernerfolg in der Gruppe mit experimenteller Einheit im *Schülerlabor* signifikant höher war als in der *Schulgruppe*. Da sie allerdings auch signifikant mehr vergaßen, waren langfristig keine Unterschiede feststellbar. Als möglichen Grund führte er die höhere Lernmotivation gekoppelt mit dem Lernort Labor sowie das selbstständige Experimentieren an. In diesem Zusammenhang betonte Scharfenberg (2005) die Notwendigkeit einer schulischen Vor- und Nachbereitung für nachhaltige Effekte.

Damerau (2012) berichtete außerdem über einen Rückgang des Wissens zwischen dem Post- und Follow-up-Test. Dies zeigte sich hier lediglich in der Interventionsgruppe (1) *implizit*, welche zum Post-Zeitpunkt zunächst signifikant besser im Fachwissenstest abschnitt als die Interventionsgruppe (2) *explizit*. Zum Follow-up-Zeitpunkt trat dann durch den signifikanten Rückgang im Fachwissen der Interventionsgruppe (1) *implizit* kein signifikanter Unterschied zur Interventionsgruppe (2) *explizit* mehr auf. Grundsätzlich war ein Unterschied im Fachwissenserwerb der beiden Interventionsgruppen nicht zu erwarten gewesen. Die Interventionsgruppe (2) *explizit* hatte zwar zusätzlich an einer Nachbereitungsstunde teilgenommen, in der allerdings nicht mehr fachliche Inhalte thematisiert, sondern epistemische Überzeugungen expliziert wurden (siehe Abschnitt 8.1.2). Ein möglicher Grund könnte das leicht höhere situationale Interesse der Interventionsgruppe (1) *implizit* im Vergleich

zur Interventionsgruppe (2) *explizit* sein. Gleichzeitig zeigte sich bei der Interventionsgruppe (1) *implizit* auch eine leichte Zunahme des individuellen Interesses an Biomedizin vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt (siehe auch den folgenden Absatz). Ein weiterer Grund für den kurzzeitig besseren Lernerfolg der Interventionsgruppe (1) *implizit* könnte die dazwischenliegende Nachbereitungsstunde in der Interventionsgruppe (2) *explizit* sein. Möglicherweise führen die *Concept Cartoons*, welche die Metaebene zur Natur des Wissens und des Wissenserwerbs in der Biomedizin ansprechen, von der fachlichen Thematik weg. So bleibt an dieser Stelle offen und durch zukünftige Studien zu zeigen, inwiefern eine optimale Kombination aus Elementen für eine Fachwissensvermittlung und das Thematisieren von epistemischen Überzeugungen auf einer Metaebene gestaltet werden kann.

Bezüglich des individuellen Interesses an Biomedizin zeigte sich eine kleine, statistisch signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Gruppe (siehe Abschnitt 10.1.1). Dabei gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, aber es zeigte sich ein mittlerer Effekt des Messzeitpunktes auf die Kontrollgruppe sowie auch auf die beiden Interventionsgruppen. Dabei nahm das individuelle Interesse in der Kontrollgruppe zwischen Post und Follow-up ab. Des Weiteren nahm das individuelle Interesse an Biomedizin in der Interventionsgruppe (1) *implizit* zunächst zwischen Prä und Post signifikant zu, nahm aber zwischen Post und Follow-up wieder ab, sodass zwischen Prä und Follow-up kein Unterschied mehr identifiziert werden konnte. Bei der Interventionsgruppe (2) *explizit* veränderte sich das individuelle Interesse zwischen Prä und Post zunächst nicht, nahm dann aber, ähnlich der Kontrollgruppe, zwischen Post und Follow-up ab, sodass auch zwischen Prä und Follow-up ein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden konnte.

Die Ergebnisse zum individuellen Interesse an Biomedizin deuten darauf hin, dass die Interventionsgruppe (1) *implizit* in ihrem individuellen Interesse durch die außerschulische Einheit zumindest kurzfristig leicht angesprochen werden konnte. Dies könnte möglicherweise auch damit zusammenhängen, dass diese Gruppe ein deutlich höheres situationales Interesse am Projekttag aufwies als die Interventionsgruppe (2) *explizit*. Mögliche interessensweckende Elemente könnte neben der biomedizinischen Thematik die Aufgabe sein, als Ärztinnen und Ärzte eigenständig Patientinnen und

Patienten behandeln zu dürfen. Gleichmaßen könnte auch das Kennenlernen eines Wissenschaftlers aus diesem Bereich sowie die Möglichkeit zum Fragen stellen Interesse an der Thematik gefördert haben. Da sich allerdings das Programm der beiden Interventionsgruppen bis zur Erfassung des situationalen Interesses nicht unterschied, ist anhand des Settings nicht zu erklären, warum die Interventionsgruppe (2) *explizit* diese leichte, kurzfristige Zunahme im individuellen Interesse an Biomedizin nicht zeigte bzw. auch gleichzeitig ein geringeres situationales Interesse am Projekttag aufwies.

Bisherige Arbeiten zur Entwicklung des Sachinteresses durch Schülerlaborbesuche liefern bislang kein einheitliches Bild (Pawek, 2009; vgl. Abschnitt 1.3). So berichtete Guderian (2007) in Übereinstimmung mit der Literatur zu individuellem Interesse, welche die Interessensgenese als einen langfristigen Prozess versteht, über ein weitgehend unverändertes individuelles Interesse zwischen Prä- und Post-Test. Zwischen diesen beiden Messzeitpunkten lagen dabei drei Laborbesuche sowie jeweils fünf bis sechs Wochen zwischen den Modulen bzw. dem letzten Erhebungszeitraum. Pawek (2009) konnte ebenfalls, im Gegensatz zu den Ergebnissen bei der Interventionsgruppe (1) *implizit*, keine Veränderung im Sachinteresse zwischen Prä- und Follow-up-Messzeitpunkt feststellen (im Post-Test wurde das Sachinteresse nicht erfasst).

Zudem zeigte sich in der vorliegenden Studie in allen Gruppen eine signifikante Abnahme im individuellen Interesse zwischen Post und Follow-up. Dass diese Entwicklung dabei ebenfalls in der Kontrollgruppe beobachtet werden konnte, deutet darauf hin, dass möglicherweise die wiederholte Testung Einfluss auf das individuelle Interesse hatte. Auch Glowinski (2007) stellte ein signifikantes Absinken des Sachinteresses zwischen dem Post- und Follow-up-Zeitpunkt fest, wobei sie keinen Prä-Test einsetzte und zwischen Post und Follow-up zehn bis zwölf Wochen vergingen. Sie vermutete als Grund für diese Abnahme einen überhöhten Wert im Post-Test, der möglicherweise auch mit dem hohen aktuellen Interesse einherging. Diese Vermutung stimmt allerdings nicht mit den Ergebnissen dieser Studie überein, da hier ein Prä-Test durchgeführt wurde und somit aufgezeigt werden konnte, dass dieser Effekt in allen Gruppen erst zwischen Post und Follow-up auftrat. Scharfenberg (2005) konnte des Weiteren nicht nur ein Absinken zwischen Post und Follow-up, sondern auch zwischen

Prä und Post feststellen. Dies ist ein Effekt, der in dieser Arbeit nicht auftrat. Aufgrund des Mangels an einheitlichen Ergebnissen zum individuellen Interesse bleibt in zukünftigen Studien zu zeigen, ob der in dieser Studie verzeichnete Effekt des Absinkens des individuellen Interesses zwischen Post und Follow-up in allen Gruppen möglicherweise auf das verwendete Instrument zurückgeführt werden kann. Gleichmaßen könnte durch den kombinierten Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden eine Interessensförderung durch Schülerlaborbesuche intensiver untersucht werden. So könnten beispielsweise mithilfe von Interviews besonders interessensgenerierende Elemente von Schülerlabor-Programmen identifiziert und beschrieben werden.

In Bezug auf das Vertrauen zeigte sich weder eine statistisch signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Gruppe noch ein signifikanter Haupteffekt von Zeit oder Gruppe (siehe Abschnitt 10.1.1). Bislang wurde Vertrauen noch nicht in Interventionsstudien untersucht, sodass dies als explorativer Schritt zur Untersuchung von Vertrauen und seiner Veränderbarkeit, insbesondere bei Schülerinnen und Schülern, betrachtet werden muss. Möglicherweise müssen konkrete Instruktionsmaßnahmen entwickelt werden, um das Vertrauen von Lernenden zu adressieren. Generell ist die Höhe des Vertrauens aber vergleichbar mit bisherigen Studien, welche allerdings alle 21 Items des ursprünglichen Instrumentes eingesetzt haben (Nadelson et al., 2014; Nadelson & Hardy, 2015). Gleichzeitig bleibt hinsichtlich der Erfassung von Vertrauen in Interventionsstudien zu zeigen, ob eher themenspezifische Items und/ oder allgemeinere Items verwendet werden sollten bzw. welche sich als sensibler bei der Erfassung von Veränderungen im Vertrauen erweisen. So weisen unter anderem Hendriks et al. (2016) darauf hin, dass die Bevölkerung bei der Verwendung themenspezifischer Items, verglichen mit der Verwendung allgemeinerer Items, weniger Vertrauen in die Wissenschaft berichtete.

11.1.2 Ausprägung des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung nach dem Projekttag

Das situationale Interesse am Projekttag (5-stufige Likert-Skala) wurde mit einem Mittelwert von $M_{IG1} = 3,85$ in der Interventionsgruppe (1) *implizit* und $M_{IG2} = 3,64$ in der

Interventionsgruppe (2) *explizit* als relativ hoch eingeschätzt, sodass angenommen werden kann, dass der Projekttag von den Lernenden insgesamt als interessant empfunden wurde. Darüber hinaus zeigte sich ein kleiner, signifikanter Effekt zwischen den beiden Interventionsgruppe im situationalen Interesse. Da beide Gruppen bis zum Zeitpunkt der Erfassung des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung mittels des Fragebogenblattes (FBB) am Ende des Projekttages (siehe Abschnitt 8.1.2) das gleiche Programm erhalten hatten, war dieser Unterschied nicht zu erwarten. Interessanterweise ist die Interventionsgruppe (1) *implizit* auch jene, bei welcher hinsichtlich des individuellen Interesses an Biomedizin ein leicht signifikanter Zuwachs zwischen Prä- und Post-Messzeitpunkt beobachtet werden konnte (siehe Abschnitt 11.1.1). Die kognitive Belastung (7-stufige Likert-Skala) war mit einem Mittelwert von $M_{IG1} = 3,10$ in der Interventionsgruppe (1) *implizit* und $M_{IG2} = 3,18$ in der Interventionsgruppe (2) *explizit* als mittelhoch zu bewerten. Dies spricht dafür, dass das Programm am Projekttag von den Lernenden weder als zu schwierig noch als zu leicht empfunden wurde. Es gab dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, was den Erwartungen entspricht.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Gestaltung des Projekttages mit seinen verschiedenen Elementen, d.h. einem Einführungsfilm, praktischer mikrobiologischer Arbeit sowie dem Einsatz des digitalen Behandlungstools das situationale Interesse der Lernenden wecken konnte. Gleichmaßen deutet dies darauf hin, dass die Balance zwischen Herausforderung und Lernunterstützung angemessen gewählt wurde, was insbesondere für Lernende mit geringem Interesse an Naturwissenschaften oder weniger erfolgreiche Lernende in den naturwissenschaftlichen Fächern bedeutsam ist (Euler, 2005). Es kann basierend auf den Ergebnissen weiter davon ausgegangen werden, dass die Vermittlung der Thematik und komplexer evolutionsbiologischer Konzepte für die Jahrgangsstufe 9-11 demnach angemessen war.

11.1.3 Concept Cartoons als Instruktionsmethode

Um zu untersuchen, inwiefern die epistemischen Überzeugungen der Lernenden durch die Intervention angesprochen werden konnten, wurde zunächst im Rahmen einer Voranalyse der variablenzentrierte Ansatz angewendet. Für eine tiefergehende

Untersuchung wurde anschließend ein personenzentrierter Ansatz angewendet (siehe dafür Abschnitt 11.2). Die Ergebnisse des variablenzentrierten Ansatzes in Abschnitt 10.1.3 zeigten, dass zu Beginn der Intervention keine Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den Interventionsgruppen bestanden (für eine Beschreibung der Gruppen siehe Abschnitt 8.1.2). Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigten in keiner Dimension epistemischer Überzeugungen eine statistisch signifikante Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe. Dagegen trat in allen Dimensionen ein kleiner signifikanter Haupteffekt der Zeit sowie lediglich in der Dimension Entwicklung ein kleiner signifikanter Effekt der Gruppe auf.

Somit konnte zunächst weder durch die Anwendung des variablenzentrierten Ansatzes noch durch die anschließende Anwendung des personenzentrierten Ansatzes in Abschnitt 10.2 und 11.2 eine positive Wirkung durch die Verwendung von *Concept Cartoons* als Instruktionsmethode für ein Explizieren epistemischer Überzeugungen nachgewiesen werden. Dabei konnten *Concept Cartoons* bereits erfolgreich genutzt werden, um Konzeptwechsel hinsichtlich fachlicher Vorstellungen zu bewirken (Naylor et al., 2007; Stephenson & Warwick, 2002), Lernende mit einzubeziehen, welche sonst eher zurückhaltend waren (Keogh et al., 1998; Keogh & Naylor, 1999; Naylor & Keogh, 2013) und um forschendes (Arnold et al., 2016) und problembasiertes (İnel & Balım, 2013) Lernen zu unterstützen (siehe auch Abschnitt 2.3.4). Demnach schienen *Concept Cartoons* eine geeignete Instruktionsmaßnahme für ein Explizieren epistemischer Überzeugungen zu sein, was u.a. von Elby et al. (2016) für eine Förderung epistemischer Überzeugungen empfohlen wird. Diesbezüglich konnten bereits im Schülerlabor durch eine Integration expliziter Reflexionsimpulse an einzelnen Stationen die Vorstellungen der Lernenden über die Charakteristika der Naturwissenschaften (*Nature of Science, of Scientific Inquiry and of involved Scientists*) gefördert werden (Tirre et al., 2018). Im Gegensatz zu der Konzeption dieser Studie fand bei Michel und Neumann (2016) eine explizite Thematisierung von *Nature of Science* - Aspekten nicht integriert im Laborprogramm statt, sondern wurde der fachlichen Einheit vorangestellt. Zwischen der Gruppe, welche vorweg die explizit-reflexive *Nature of Science*-Instruktion erhielt, und der Gruppe, welche diese Instruktion nicht erhielt, zeigten sich keine Unterschiede in ihren Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften (Michel & Neumann, 2016). Ähnlich fand auch in der vorliegenden Studie die explizite Thematisierung

epistemischer Aspekte nicht integriert im Laborprogramm statt, sondern in der abschließenden Nachbereitungsstunde. Am Projekttag selbst wurden die epistemischen Überzeugungen nur implizit, d.h. in Verknüpfung mit dem fachlichen Inhalt, thematisiert. Obwohl damit zwar eine fachliche Basis geschaffen wurde, auf der eine explizite Diskussion der einzelnen Dimensionen epistemischer Überzeugungen ermöglicht werden sollte, könnten der Inhalt der *Concept Cartoons* dennoch zu abstrakt oder die Position der expliziten Reflexion in der Einheit zu isoliert sein. Möglicherweise war einigen Lernenden der Bezug der Nachbereitungsstunde zur Vorbereitungsstunde und dem Projekttag durch den Wechsel der inhaltlichen Ausrichtung nicht verständlich. An dieser Stelle bleibt zu fragen, ob eine integriertere Position der *Concept Cartoons* im Schülerlaborprogramm effektiver sein könnte.

Weiter kann diskutiert werden, inwiefern die *Concept Cartoons* durch eine andere Gestaltung, den Einsatz in einem anderen Setting oder einer anderen Stichprobe doch zur Förderung epistemischer Überzeugungen genutzt werden können. So vermuteten Balim et al. (2016), dass die begrenzte Anzahl an Positionen in *Concept Cartoons* möglicherweise eine Diskussion einschränken könnte. Gleichzeitig weisen Chin und Teou (2009) darauf hin, dass die gleichzeitige Aufforderung an die Lernenden, über die *Concept Cartoon*-Positionen zu diskutieren und ihre Meinungen schriftlich festzuhalten, stets mit Einbußen beim Ausmaß an Diskussion oder der schriftlichen Ausformulierung einhergeht. Möglicherweise könnte es auch hilfreich sein, die Gruppendiskussion stärker durch die Test- oder Lehrperson zu moderieren und dabei zusätzliche *Scaffolds* zur Strukturierung oder Auffrischung der Diskussion zu nutzen. So könnten in einstimmigen Diskussionen passende, konfligierende Beispiele aus den Naturwissenschaften oder der Biomedizin eingebunden werden, welche damit erneut Positionen aus den *Concept Cartoons* widersprechen.

Obwohl im Kontext der Entwicklungsmodelle zwar davon ausgegangen wurde, dass nur längere und sehr intensive Interventionen eine Veränderung epistemischer Überzeugungen hervorrufen können (Elby et al., 2016), konnten in einigen Interventionsstudien durch die (in)direkte Konfrontation mit konfligierenden Informationen über einen variablenzentrierten Ansatz Veränderungen in den epistemischen Überzeugungen gezeigt werden (u.a. Chen, 2017; Conley et al., 2004;

Huang et al., 2017; Kienhues et al., 2008; Muis & Duffy, 2013; siehe Kapitel 2.3.3). Kienhues et al. (2016) unterstreichen deshalb die Veränderbarkeit und Flexibilität epistemischer Überzeugungen gegenüber des zuvor angenommenen stabilen und unveränderlichen Charakters. Da es sich bei dieser Interventionsstudie um eine praktische, außerschulische Lerneinheit und damit eine Intervention mit einer indirekten Konfrontation mit konfligierenden Informationen handelt, wird für die weitere Diskussion insbesondere auf Ergebnisse aus Interventionsstudien desselben Typs Bezug genommen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Studie konnten Chen (2017), Conley et al. (2004) und Huang et al. (2017), welche dasselbe Instrument verwendeten, Veränderungen in einigen Dimensionen epistemischer Überzeugungen identifizieren. Huang et al. (2017) bzw. Conley et al. (2004) konnten Veränderungen in den Dimensionen Sicherheit und Quelle zeigen. Auch Chen (2017) konnte nach einem zehnwöchigen Kurs signifikante Veränderungen in den Dimensionen Quelle und Rechtfertigung sowie einen leichten Zuwachs auf Sicherheit und Entwicklung bewirken, wenngleich diese Ergebnisse aufgrund der sehr geringen Stichprobengröße mit Messfehlern behaftet sein könnten ($N = 26$).

Dass sich in dieser Studie mit einer variablenzentrierten Herangehensweise keine Veränderungen identifizieren ließen, könnte zum einen an der kürzeren Dauer der Intervention liegen. So handelte es sich bei Conley et al. (2004) um ein neunwöchiges, bei Huang et al. (2017) um ein einwöchiges und bei Chen (2017) um ein zehnwöchiges Programm. Gleichmaßen könnte ein weiterer Grund das Alter sein, da bisherige Studien auf eine jahrgangs- und altersabhängige Entwicklung epistemischer Überzeugungen hindeuten (u.a. Chen, 2012; Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008). So arbeiteten Conley et al. (2004) mit Fünftklässlern, Huang et al. (2017) mit Achtklässlern und Chen (2017) mit Sechstklässlern, die damit allesamt jünger waren als die Stichprobe in dieser Studie. So wiesen die hier betrachteten Lernenden schon zu Beginn der Intervention hohe Werte in den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen nach Conley et al. (2004) auf und boten somit möglicherweise auch nicht mehr viel Raum für Veränderung, welche mit einer variablenzentrierten Herangehensweise erfasst werden könnte. Daher wurde in dieser Studie, aufgrund bekannter Messproblematiken (siehe Abschnitt 2.4), sowohl eine Kombination an quantitativen und qualitativen Methoden als auch der personenzentrierte

174

Analyseansatz eingesetzt, worauf in dem folgenden Abschnitt 11.1.4 sowie dem Abschnitt 11.2 näher eingegangen wird.

11.1.4 Concept Cartoons als Erhebungsmethode

Die Auswertung der *Concept Cartoons* zeigte, dass der Kategorienblock der sophistizierteren Überzeugungen am häufigsten war, während der Kategorienblock der naiveren Positionen insgesamt eher selten auftrat (siehe Abschnitt 10.1.4). Dieser war nur in den Dimensionen Sicherheit und Quelle aufgetreten, wobei die entsprechenden Lernenden mit ihrem Fragebogenwert teilweise über und teilweise unter dem Gruppenmittelwert eingeordnet waren. Sie kreuzten im Fragebogen somit teilweise naiver und teilweise sophistizierterer an verglichen mit dem Gruppenmittelwert der Interventionsgruppe (2) *explizit*. Generell zeigten damit aber beide Erhebungsinstrumente, dass nur sehr wenige Lernende dieser Stichprobe über naive Vorstellungen verfügten. Des Weiteren erzeugten die *Concept Cartoons* zu den Dimensionen Sicherheit und Quelle deutlich mehr Streuung in den Kategorien als die anderen beiden Dimensionen, was sich auch in der Varianz dieser beiden Skalen im Fragebogen zeigte. Interessanterweise sind diese beiden Dimensionen jene, welche aus negativ gepolten Items bestanden. An dieser Stelle ist weitere Forschung notwendig, um diesen Zusammenhang näher zu untersuchen (Kampa et al., 2016). Die Ergebnisse der *Concept Cartoons* zu den Dimensionen Entwicklung und Rechtfertigung zeigten ebenfalls ein Bild mit sehr fortgeschrittenen Vorstellungen, ähnlich wie die Fragebogendaten. Lediglich in der Dimension Entwicklung konnten darüber hinaus auch einige Lernende mit abwägender Haltung identifiziert werden, was wiederum über den Fragebogen nicht erfasst werden konnte. Bei der Dimension Quelle war darüber hinaus der Kategorienblock der abwägenden Haltungen sehr häufig vertreten und es zeigte sich ein deutlicher Wechsel von dem Kategorienblock der fortgeschritteneren Sichtweisen (vorher) zu jenem der abwägenden Kategorien nach der Gruppendiskussion.

Die Ergebnisse zu den *Concept Cartoons* liefern an dieser Stelle wertvolle Erkenntnisse zu der von Bromme et al. (2016) geäußerten Kritik zur Einstufung der Ausprägungen der Dimension Quelle des Wissens (siehe Kapitel 2.4). Klassischerweise bildet dabei die Ansicht, dass das Individuum das Wissen selbst konstruiert und Experten

nicht einfach glaubt, den sophistizierteren Pol, während das Vertrauen gegenüber Experten und Quellen als naiv eingestuft wurde (Mayer & Rosman, 2016). Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, kann je nach Kontext die Vertrauensstrategie im Umgang mit Informationen, welche die eigene Expertise übersteigen, allerdings angemessen oder sogar notwendig sein (siehe hierfür auch die Diskussionen zur *kognitiven Arbeitsteilung*, u.a. Bromme, 2005; Bromme & Goldman, 2014; Bromme & Kienhues, 2014; Bromme et al., 2016). Gleichzeitig ist dies aber nicht mit blindem Vertrauen zu verwechseln. Diese Position stimmt mit den Antworten der Lernenden mit einer abwägenden Haltung zu den Positionen im *Concept Cartoon* der Dimension Quelle überein. Interessant ist an dieser Stelle, dass die Lernenden, welche mittels der *Concept Cartoons* in die abwägenden Kategorien einsortiert wurden und sich damit nach Bromme et al. (2016) in der gewünschten Ausprägung befanden, im Fragebogen größtenteils naiver antworteten als der Gruppendurchschnitt. Auch in den anderen Dimensionen epistemischer Überzeugungen lagen Lernende, deren Antworten zu den abwägenden Kategorien gehörten, eher unter dem Gruppenmittelwert. Es bestätigt sich somit die Vermutung von Bråten et al. (2008), dass eine Triangulation quantitativer und qualitativer Methoden insbesondere für die Untersuchung von Vorstellungen zur Dimension Quelle des Wissens und der Rolle von Autoritäten gewinnbringend ist.

In Hinblick auf einen identifizierten Kategorie-Wechsel zeigte sich, dass ein Großteil der Lernenden vor und nach der Gruppendiskussion zu den *Concept Cartoons* dieselbe Kategorie aufwies. Dennoch konnten Wechsel in der Kategorie identifiziert werden, wobei der Großteil einen Wechsel hin zu sophistizierteren Vorstellungen bzw. zur abwägenden Haltung vollzog. Die meisten Wechsel erfolgten dabei innerhalb eines Kategorienblocks (z.B. innerhalb der Kategorien mit den sophistizierteren Positionen). Generell war dies auch zu erwarten, da für den Wechsel zwischen zwei verschiedenen Kategorienblöcken mehr kognitive Umstrukturierungen und Veränderungen notwendig sind als für einen Wechsel innerhalb eines Kategorienblocks. Dennoch wurden auch einige Wechsel zwischen verschiedenen Kategorienblöcken festgestellt (z.B. zwischen dem Kategorienblock der sophistizierteren Sichtweisen und jenem der abwägenden Haltungen). Bei der Dimension Quelle konnten sogar einige wenige Wechsel von den naiveren Kategorien in die abwägenderen Kategorien beobachtet werden, was möglicherweise mit der Schwierigkeit der Ausprägungseinordnung bei dieser Dimension

einhergehen könnte. Es ist weitere Forschung notwendig, um zu identifizieren, welche Aspekte epistemischer Überzeugungen durch kurze Interventionen adressiert und verändert werden können und welche Aspekte ein mehrfaches Wiederaufgreifen im Verlaufe der Schulzeit notwendig machen.

Insgesamt eignen sich die *Concept Cartoons* an dieser Stelle, um Veränderungen aufzuzeigen und scheinen damit sensibler zu sein als ein variablenzentriertes Vorgehen mittels Fragebogen. Wie jedes andere Messverfahren ist auch dieses Erhebungsformat mit Limitationen verbunden. So kann durch den Einsatz der *Concept Cartoons* in der *Think-Pair-Share*-Methode nicht sichergestellt werden, dass die Antworten der Lernenden wirklich ihre eigenständig ausformulierte Meinung darstellen und nicht dem Gruppenkollektiv entsprechen. Dies gilt es zu berücksichtigen. Eine Erfassung epistemischer Überzeugungen mittels der *Concept Cartoons* liefert dennoch interessante und detailliertere Einblicke in die Vorstellungswelten der Lernenden und stellt eine Erweiterung zur Erhebung über den Fragebogen und somit einen Mehrwert dar. Es bleibt dabei zu klären, inwiefern Lernende, die bereits eine abwägende Haltung bezüglich der Dimensionen epistemischer Überzeugungen vorweisen, noch durch Interventionen angesprochen werden können bzw. inwiefern sich solche abwägenden Haltungen durch Interventionen noch verändern können. Es sei darauf hingewiesen, dass die *Concept Cartoons* in dieser Studie explorativ als Erhebungsmethode für epistemische Überzeugungen eingesetzt wurden und sie somit in weiteren Studien als Instrument weiterentwickelt werden müssen. Hilfreich könnte dafür sein, die *Concept Cartoons* auch in anderen Settings oder Kontexten als Erhebungsinstrument zu testen.

11.1.5 Zusammenfassung: Wirksamkeit der Intervention

In Bezug auf die Forschungsfragen 1a und 1b konnte aufgezeigt werden, dass die in dieser Arbeit konzipierte außerschulische Lerneinheit starke, positive Auswirkungen auf den Fachwissenserwerb in den Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe hatte, was auch längere Zeit nach der Intervention immer noch der Fall war. Somit konnte durch diesen eintägigen und einmaligen Besuch im Schülerlabor bereits eine nachhaltige Vermittlung von grundlegenden Konzepten aus dem Themenbereich Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose erreicht werden. Mögliche Gründe könnten

dabei die authentischen Einblicke in die medizinische Praxis und in das Forschungsfeld der Antibiotikaresistenz als auch die aktive Rolle der Lernenden im Behandlungsprozess sein. In Bezug auf das individuelle Interesse konnte zumindest in der Interventionsgruppe (1) *implizit* ein leichter Anstieg des Interesses zwischen Prä und Post beobachtet werden, wobei in bisherigen Schülerlaborarbeiten keine positiven Auswirkungen auf das individuelle Interesse aufgezeigt werden konnten (Guderian, 2007; Pawek, 2009). Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Gruppe im Vergleich zur Interventionsgruppe (2) *explizit* auch ein höheres situationales Interesse am Projekttag aufwies. In allen Gruppen schien die wiederholte Testung des individuellen Interesses an Biomedizin zu einem Rückgang zwischen Post- und Follow-up-Test zu führen. Das Vertrauen der Lernenden wurde durch die Intervention nicht angesprochen. Diese erste explorative Einbindung von Vertrauen in eine Interventionsstudie lässt vermuten, dass ein Ansprechen bzw. eine Veränderung des Vertrauens der Lernenden erst durch den Einsatz geeigneter Instruktionsformen erreicht werden kann. Bezüglich der Forschungsfrage 1c zeigte sich, dass die Konzeption des Projekttages im Schülerlabor sowohl in der Lage war, ein hohes situationales Interesse der Lernenden am Schülerlabor-Besuch zu wecken, als auch ein geeignetes Maß kognitiver Belastung der Lernenden zu erreichen.

Hinsichtlich Forschungsfrage 1d und 1e konnte über eine variablenzentrierte Herangehensweise weder eine kurz- noch langfristige Wirkung der Intervention auf die epistemischen Überzeugungen der Lernenden festgestellt werden, wobei sich auch kein Unterschied zwischen der Interventionsgruppe (1) *implizit* mit einer lediglich impliziten Reflexion und der Interventionsgruppe (2) *explizit* mit einer zusätzlichen expliziten Reflexion durch die Verwendung von *Concept Cartoons*, insbesondere im Vergleich zur Kontrollgruppe, zeigte. Es bleibt an dieser Stelle offen, warum die Intervention über eine variablenzentrierte Herangehensweise keine Veränderungen epistemischer Überzeugungen aufzeigen konnte. Mögliche Gründe könnten sein, dass die anderen Interventionsstudien, welche Veränderungen der epistemischen Überzeugungen über eine variablenzentrierte Herangehensweise identifizieren konnten, eine längere Interventionsdauer hatten und die Intervention mit jüngeren Lernenden durchführten. Auch bleibt zu prüfen, ob eine andere Gestaltung der Cartoons mit einer größeren Zahl an Positionen oder eine stärkere Integration in das Schülerlaborprogramm zu positiven

Auswirkungen auf die epistemischen Überzeugungen führt. Weiter könnte die Gruppendiskussion stärker strukturiert werden und dabei geeignete *Scaffolds* oder Beispiele konfligierender Informationen zu den einzelnen Dimensionen angebracht werden.

Dagegen zeigte sich in Bezug auf Forschungsfrage 1f, dass *Concept Cartoons* eine größere Bandbreite an Vorstellungen erfassen, als es über den Fragebogen möglich ist. So ermöglichen es die *Concept Cartoons*, auch abwägende Haltungen der Lernenden zu erfassen, was insbesondere in Bezug auf die Dimension Quelle von großem Interesse ist. Es konnte somit durch den Einsatz dieser Erhebungsform und die damit verbundene Triangulation quantitativer und qualitativer Methoden ein wertvoller Beitrag für die Diskussion um die Kritik an den Ausprägungen zur Dimension Quelle geleistet werden. Gleichzeitig zeigte sich, dass die Lernenden mit ihrem Skalenmittelwert zur Dimension Quelle zumeist unter dem Gruppenmittelwert der Interventionsgruppe (2) *explizit* eingeordnet wurden. Des Weiteren konnten mittels der *Concept Cartoons* einige Meinungsänderungen zwischen den schriftlichen Antworten vor und nach der Gruppendiskussion festgestellt werden. Möglicherweise hat also die hier zuvor aufgezeigte Stabilität epistemischer Überzeugungen durch die variablenzentrierte Herangehensweise (Forschungsfrage 1d) auch etwas mit der Erhebungsmethode zu tun. Für eine weitere Betrachtung der Wirkungen der Intervention auf die epistemischen Überzeugungen wurde daher anschließend ein personenzentrierter Ansatz angewendet, auf den im folgenden Kapitel 11.2 eingegangen wird.

11.2 Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse zum Forschungsschwerpunkt 2, der Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln, diskutiert (für die Forschungsfragen siehe Abschnitt 4.2, für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.2). Dafür wird zunächst auf die Identifizierung von Profilen (Abschnitt 11.2.1) sowie auf deren Charakterisierung mittels Kovariaten eingegangen (Abschnitt 11.2.2). Außerdem wird die Charakterisierung des unverbindlichen Profils mittels qualitativer Daten näher betrachtet (Abschnitt 11.2.3). Anschließend wird die Identifizierung von Profilwechseln

diskutiert (Abschnitt 11.2.4). In Abschnitt 11.2.5 wird dann die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt 2 zusammengefasst.

11.2.1 Identifizierung von Profilen zu den drei Messzeitpunkten

In der vorliegenden Studie konnten zum Prä-Messzeitpunkt drei Profile identifiziert werden, zum Post-Messzeitpunkt zwei Profile und zum Follow-up-Messzeitpunkt erneut drei Profile (siehe Abschnitt 10.2.1). Vergleicht man die hier ermittelten Profile mit denen aus bisherigen Forschungsarbeiten, so ist die Anzahl an Profilen vergleichbar mit der Anzahl anderer Arbeiten ($k = 2$ bis $k = 5$; siehe dafür die Übersichtstabelle 2 in Abschnitt 2.5). Die Lernenden der Profile unterschieden sich dabei pro Messzeitpunkt hinsichtlich der Ausprägung in den verschiedenen Dimensionen epistemischer Überzeugungen. So konnten an den drei Messzeitpunkten jeweils zwei Profile identifiziert werden, welche in ihrer Form dem sophistizierten und dem leicht sophistizierten Profil aus der Studie von Kampa et al. (2016) ähnelten. Dabei zeichneten sich Lernende des ersteren durch sehr hohe Werte in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen aus, während Lernende des leicht sophistizierten Profils etwas geringere, aber immer noch Werte über dem Skalenmittelwert in allen Dimensionen zeigten. Darüber hinaus können diese beiden Profile mit dem fixierten-sophistizierten Profil und dem erfolgreichen Profil aus der Arbeit von Chen (2012) verglichen werden, die sich ebenfalls durch (sehr) hohe Werte in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen auszeichneten, wobei letzteres leicht höhere Werte aufweist (außer in der Dimension Quelle des Wissens). Ebenso wie bei Chen (2012) und Kampa et al. (2016) gehörte auch hier der Großteil der Lernenden den Profilen mit (leicht) sophistizierten Vorstellungen an.

Zum Prä-Zeitpunkt konnte darüber hinaus das evidenzbasierte-dynamische Profil identifiziert werden. Lernende dieses Profils zeichneten sich durch hohe Werte in den Dimensionen Entwicklung und Rechtfertigung von Wissen und geringere Werte in den Dimensionen Sicherheit und Quelle von Wissen aus. Zum Follow-up-Messzeitpunkt konnte darüber hinaus das unverbindliche Profil identifiziert werden, welches in der Form vergleichbar mit dem unverbindlichen Profil aus der Studie von Chen (2012) ist. Lernende dieses Profils waren zögerlich, bezüglich der vier Dimensionen epistemischer

Überzeugungen eine Position zu beziehen, sodass die Werte in allen Dimensionen ungefähr dem Mittelwert der Skala entsprachen. Es bleibt durch zukünftige Forschung zu klären, was die Ursache für die Unverbindlichkeit dieses Profils ist. Möglicherweise könnte der Grund ein kognitiver Konflikt sein, der durch die mehrmalige Testung oder auch durch die Intervention selbst hervorgerufen wurde.

Kampa et al. (2016) weisen darauf hin, dass Differenzen in der Anzahl, der Art und dem Muster der Profile auf kulturellen Unterschieden oder der Schulform beruhen können. So waren in ihrer Studie die Profile bei Schülerinnen und Schülern am Gymnasium deutlich homogener als bei Lernenden an Gemeinschaftsschulen. Darüber hinaus war der Anteil der Lernenden aus dem Gymnasium in dem sophistizierten und dem leicht sophistizierten Profil erhöht, während die Lernenden aus dem multiplizistischen sowie dem evidenzbasierten-dynamischen Profil meist Gesamt- oder Gemeinschaftsschulen angehörten. Dass diese Interventionsstudie mit Lernenden aus dem Gymnasium durchgeführt wurde, könnte erklären, warum das evidenzbasierte-dynamische Profil nur zum Prä-Messzeitpunkt auftrat und warum das multiplizistische Profil in dieser Studie überhaupt nicht identifiziert werden konnte. Chen (2012) schlägt vor, die Profile nicht nur über epistemische Überzeugungen allein, sondern auch über weitere Konstrukte zu ermitteln, da so die zunächst identisch erscheinenden Profile deutliche Unterschiede aufweisen können. So waren die von ihm beschriebenen Profile, das erfolgreiche Profil und das fixierte-sophistizierte Profil, zwar sehr ähnlich in ihren sophistizierten epistemischen Überzeugungen, wiesen aber starke Unterschiede hinsichtlich Selbstwirksamkeit und Zielorientierungen auf. In dieser Arbeit wurden für eine präzisere Unterscheidung der Profile Kovariatenvergleiche gerechnet, auf welche im folgenden Abschnitt genauer eingegangen wird. Insgesamt stützen die Ergebnisse eine multidimensionale Konzeptualisierung epistemischer Überzeugungen, die in ihren verschiedenen Dimensionen unterschiedlich stark ausgeprägt sein können. Dies äußert sich in den verschiedenen identifizierten Profilen (Kampa et al., 2016).

Da sich das Forschungsfeld rund um die Methoden der personenzentrierten Ansätze noch in der Entwicklung befindet, gibt es bisher keine standardisierten Richtlinien für das Vorgehen bei der latenten Profilanalyse (z.B. hinsichtlich der Entscheidung über die Anzahl an Profilen) (Hickendorff et al., 2018; Marsh et al., 2009).

Daher wird in der Literatur empfohlen, die Entscheidung über die Profilanzahl nicht nur basierend auf den Modellfit-Parametern zu treffen, sondern auch die Theorie und die Interpretierbarkeit der identifizierten Profile mit einzubeziehen (Bauer et al., 2018; Ching & Nunes, 2017; Hickendorff et al., 2018; Marsh et al., 2009; Pastor et al., 2007). Damit geht mit dieser Vorgehensweise ein gewisser Grad an Subjektivität einher. Auch aufgrund des explorativen Charakters dieser Herangehensweise, kann dies zu einer Reduktion der Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse führen (z.B. bezüglich der Anzahl, Interpretationen und Namen der Profile) (Hickendorff et al., 2018; Marsh et al., 2009). Das hier gewählte Verfahren der latenten Profilanalyse ist dennoch anderen traditionelleren Verfahren (z.B. der Clusteranalyse) überlegen (Ching & Nunes, 2017; Kampa et al., 2016). Im Gegensatz zur Clusteranalyse werden bei der latenten Profilanalyse die Antworten bezüglich der beobachteten Variablen auf latente Merkmale in der Population zurückgeführt (Ching & Nunes, 2017). Die latente Profilanalyse ist darüber hinaus, im Gegensatz zu den meisten Ansätzen der Clusteranalyse, modellbasiert und liefert statistische Modellfitwerte, welche für eine Entscheidung über die Anzahl an Profilen genutzt werden können. Dieses Verfahren ist damit deutlich objektiver als die Clusteranalyse (Ching & Nunes, 2017; Pastor et al., 2007). Darüber hinaus ermöglicht sie den Einbezug externer Variablen zur Charakterisierung der identifizierten Profile (siehe dafür auch den folgenden Abschnitt 11.2.2) (Kampa et al., 2016). Basierend auf der zu Beginn des Abschnitts geschilderten Kritik wird dennoch deutlich, dass weitere Forschung zur Anwendung personenzentrierter Methoden notwendig ist, um das Vorgehen zu standardisieren und so die Stabilität der Ergebnisse abzusichern (Marsh et al., 2009).

11.2.2 Charakterisierung der Profile zu den drei Messzeitpunkten

Bei der Charakterisierung der Profile konnte zum Prä-Zeitpunkt gezeigt werden, dass sich Lernende des sophistizierten Profils signifikant von jenen aus den anderen beiden Profilen in Alter und Jahrgangsstufe unterschieden, wobei Alter und Jahrgangsstufe in diesem Profil höher waren (für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.2.2). Dies stimmt mit der theoretischen Annahme des TIDE-Modells (siehe Abschnitt 2.3.1) überein, dass Lerngelegenheiten und Erfahrungen im Laufe der akademischen Jahre zu der

Entwicklung epistemischer Überzeugungen beitragen (Muis et al., 2006). Des Weiteren stimmt dieser Befund auch mit Ergebnissen der meisten empirischen Studien überein, die eine jahrgangs- und altersabhängige Entwicklung der epistemischen Überzeugungen zeigen (u.a. Chen, 2012; Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008). Ein solcher Zusammenhang zwischen der Entwicklung epistemischer Überzeugungen und dem Alter bzw. der Jahrgangsstufe kann für den Bereich der Naturwissenschaft oder Biomedizin auch mit der Intensität des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe zusammenhängen (Chen, 2012; Kampa et al., 2016).

Darüber hinaus unterschieden sich Lernende des sophistizierten Profils von jenen des leicht sophistizierten Profils durch ein signifikant höheres individuelles Interesse an Biomedizin. So konnten schon Kampa et al. (2016) aufzeigen, dass Lernende des leicht sophistizierten Profils im Vergleich zu jenen der anderen Profile die zweitgeringsten Werte bei naturwissenschaftsbezogener Motivation und dem Selbstkonzept aufwiesen, während sich Lernende des sophistizierten Profils durch die zweithöchsten Werte bei der naturwissenschaftsbezogenen Motivation in Physik und Biologie und dem Selbstkonzept in Chemie und Physik sowie dem höchsten Wert im Selbstkonzept in Biologie auszeichneten (siehe Übersichtstabelle 2 in Abschnitt 2.5). Bei Kampa et al. (2016) zeigten Lernende des evidenzbasierten-dynamischen Profils die höchsten Werte bei naturwissenschaftsbezogener Motivation und dem Selbstkonzept in Chemie und Physik (signifikant höhere Werte als das leicht sophistizierte Profil), trotz eher mittelmäßiger Leistungen in den naturwissenschaftlichen Fächern. Auch in dieser Studie hatten Lernende des evidenzbasierten-dynamischen Profils den zweithöchsten Wert im individuellen Interesse an Biomedizin. Die Ergebnisse aus der Studie von Kampa et al. (2016) sowie der Befund der vorliegenden Studie deuten somit darauf hin, dass sophistizierte Vorstellungen nicht zwingend in allen Dimensionen für naturwissenschaftsbezogene Motivation oder Interesse gegeben sein müssen (Kampa et al., 2016). Weiter konnte im Gegensatz zu bisherigen Arbeiten, bei denen sophistiziertere Vorstellungen mit besseren Noten einhergingen (Chen, 2012; Kampa et al., 2016), zum Prä-Zeitpunkt keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Lernenden der Profile identifiziert werden. Sie unterschieden sich zum Prä-Zeitpunkt darüber hinaus auch nicht im Fachwissen. Da der Fachwissenstest explizit auf die

außerschulische Lerneinheit zugeschnitten war, entspricht dies für den ersten Messzeitpunkt den Erwartungen.

Nach der Intervention zum Post-Messzeitpunkt zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Lernenden der zwei identifizierten Profile hinsichtlich des Jahrgangs und des individuellen Interesses an Biomedizin, wobei sich Lernende des sophistizierten Profils zum Post-Zeitpunkt auch durch eine höhere Jahrgangsstufe und ein höheres Interesse auszeichneten. Obwohl in der Studie von Kampa et al. (2016) Lernende des sophistizierten Profils bezüglich naturwissenschaftlicher Leistung am besten und jene aus dem leicht sophistizierten Profil am zweitbesten abschnitten, ist hier zum Post-Messzeitpunkt noch kein signifikanter Unterschied zwischen den Lernenden dieser beiden Profile erkennbar. Es bleibt an dieser Stelle offen, warum ein derartiger Unterschied erst am Follow-up-Messzeitpunkt sichtbar wurde.

Zum Follow-up-Messzeitpunkt, ungefähr sechs bis acht Wochen nach der Teilnahme an der außerschulischen Lerneinheit, zeigte sich, dass die Lernenden, welche dem sophistizierten Profil angehörten, eine signifikant bessere Zeugnisnote in Biologie vorwiesen als die Lernenden der anderen beiden Profile. Darüber hinaus konnten sie noch signifikant besser das in der Lerneinheit vermittelte Wissen abrufen. Dies stimmt mit dem oben bereits erwähnten Befund von Kampa et al. (2016) überein, dass sich Lernende des sophistizierten Profils signifikant hinsichtlich der Leistung und den Noten in den Naturwissenschaften von den anderen Lernenden unterschieden. Hier hoben sich Lernende des sophistizierten Profils lediglich bei der letzten Zeugnisnote in Biologie von den anderen Lernenden ab, was damit zusammenhängen könnte, dass diese außerschulische Lerneinheit einen biomedizinischen Schwerpunkt hatte. Darüber hinaus trat zum Follow-up-Zeitpunkt das erste Mal das unverbindliche Profil auf, welches dem gleichnamigen von Chen (2012) identifizierten Profil ähnelt. Lernende dieses Profils wiesen signifikant weniger individuelles Interesse an Biomedizin und signifikant geringeres Vertrauen auf als die Lernenden der anderen beiden Profile. Außerdem zeigten Lernende dieses Profils ein geringeres situationales Interesse am Projekttag als die Lernenden aus dem sophistizierten Profil. Das geringe situationale Interesse, welches direkt nach dem Projekttag erfasst wurde, erklärt möglicherweise auch den geringen Wert im Fachwissenstest. Durch zukünftige Forschung bleibt dabei

zu klären, inwiefern auch in weiteren Arbeiten das unverbindliche Profil identifiziert werden kann und ob die starken Unterschiede zu den Lernenden der anderen Profile in Bezug auf das Konstrukt selbst aber auch die verglichenen Kovariaten bestätigt werden können. Im Gegensatz zu den ersten zwei Messzeitpunkten zeigten sich hier keine Unterschiede zwischen den Lernenden der Profile hinsichtlich des Alters und der Jahrgangsstufe. Dies stimmt nicht mit bisherigen empirischen Arbeiten überein (Chen, 2012; Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008).

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass sehr sophistizierte epistemische Überzeugungen mit einem hohen individuellen Interesse an Biomedizin sowie einem besseren Lernergebnis einhergehen. Dennoch scheint es ebenso Lernende mit einem hohen Interesse zu geben, die nicht in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen sophistizierte Sichtweisen haben (z.B. beim evidenzbasierten-dynamischen Profil). Ein ähnlicher Befund zeigt sich auch in den Arbeiten von Buehl und Alexander (2005), Chen (2012) und Kampa et al. (2016). Im Gegensatz dazu konnten Bråten et al. (2008) zeigen, dass Studierende mit einer Kombination aus sophistizierten Vorstellungen hinsichtlich der Einfachheit bzw. Komplexität von Wissen sowie naiven Vorstellungen hinsichtlich der Quelle von Wissen (d.h. das Verlassen auf Experten) größtenteils signifikant besser bei Aufgaben zum Textverständnis zum Thema Klimawandel abschnitten als die anderen Gruppen. Die Autoren wiesen deshalb darauf hin, dass sophistizierte epistemische Überzeugungen nicht allgemein als lernförderlich angenommen werden sollten, sondern dies je nach Kontext unterschiedlich betrachtet werden muss (Bråten et al., 2008). Auch Trevors et al. (2017) konnten zeigen, dass beim Bearbeiten widersprüchlicher Texte Lernende mit einer Kombination aus einer starken Überzeugung an Rechtfertigung durch mehrere Quellen sowie Autoritäten und einer geringen Überzeugung von Rechtfertigung durch persönliche Meinung die beste Leistung zeigen konnten. In der Arbeit von Buehl und Alexander (2005) zeigte sich auch, dass im Fach Geschichte Lernende mit sophistizierten Vorstellungen bei der Sicherheit und Isolation von Wissen eine höhere Motivation sowie eine bessere Leistung im Wissenstest aufwiesen, während für Mathematik dafür sophistizierte Vorstellungen hinsichtlich der Isolation von Wissen von Bedeutung waren. Dies deutet darauf hin, dass unterschiedliche Dimensionen in den einzelnen Domänen für Wissenserwerb und Interesse oder Motivation von Bedeutung sein könnten.

11.2.3 Charakterisierung des unverbindlichen Profils mittels qualitativer Daten

Die Ergebnisse der Analyse der qualitativen Daten (für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.2.3) der Lernenden aus der Interventionsgruppe (2) *explizit* des unverbindlichen Profils zeigten bei drei Personen (Nr. 1, 2 und 5) sowohl in den schriftlichen Meinungsäußerungen als auch in deren Diskussionsbeiträgen vermehrt Aussagen mit unverbindlichem Charakter (z.B. „*Es kann sich alles verändern und wandeln.*“ (Schülerin 2, siehe Anhang H, S. 295). Dieser Befund stimmt mit der Einordnung der Lernenden über den Fragebogen überein, wo die Werte meist in der Mitte der Likert-Skala lagen und damit auch den Eindruck erweckten, dass diese Lernenden zögerlich waren, bezüglich der Dimensionen epistemischer Überzeugungen eine Position zu beziehen. Des Weiteren zeigte sich bei den Schülern 5, 7 und 8 ein auffälliges Verhalten während der Gruppendiskussion. Dieses zeichnete sich zum einen durch eine gewisse Unsicherheit in Bezug auf ihren Standpunkt aus. Zum anderen schienen diese Lernenden vermehrt nicht der Gruppendiskussion folgen zu können bzw. noch über den vorherigen *Concept Cartoon* nachzudenken, während die anderen schon mit dem nächsten *Concept Cartoon* weitergemacht hatten. Auch dieses Verhalten könnte darauf hindeuten, dass die Lernenden möglicherweise mehr Zeit als ihre Mitschülerinnen und -schüler brauchten, um sich der eigenen Position bezüglich der Cartoon-Antworten bewusst zu werden.

Insgesamt könnte eine mögliche Erklärung für die Auffälligkeiten bei diesen fünf der acht Lernenden des unverbindlichen Profils darin bestehen, dass sie einen kognitiven Konflikt bzw. epistemischen Zweifel hinsichtlich ihrer epistemischen Überzeugungen durchliefen. Dass dies erst zum Follow-up-Zeitpunkt der Fall war, könnte darauf hindeuten, dass durch die außerschulische Lerneinheit möglicherweise kognitive Prozesse in Gang gesetzt wurden, deren Ergebnis in Form von veränderten Sichtweisen erst einige Zeit nach der eigentlichen Intervention sichtbar wurde. Dafür würde auch sprechen, dass nur bei einer Person ein Wechsel der Antwort-Kategorie vor und nach der Gruppendiskussion zum Post-Messzeitpunkt auftrat und damit mögliche Zweifel an der eigenen Haltung erst zum Follow-up-Messzeitpunkt auftraten. Diese Befunde unterstreichen die Notwendigkeit, mindestens einen dritten Messzeitpunkt in Interventionsstudien zu epistemischen Überzeugungen zu integrieren, um die langfristige Wirkung von Interventionen gezielt in den Blick zu nehmen oder mögliche

Auswirkungen von Interventionen aufdecken zu können (siehe auch Mayer & Rosman, 2016; Muis et al., 2016). Bei drei der acht Lernenden (Schülern 3, 4 und 6) fanden sich hingegen keine Auffälligkeiten bei den schriftlichen Meinungsäußerungen zu den *Concept Cartoons* oder den Gruppendiskussionsbeiträgen. Bei diesen Lernenden kann anhand der qualitativen Daten kein Hinweis gefunden werden, welche ihr Ankreuzverhalten im Fragebogen erklären könnte.

Insgesamt stellt die Einbindung von qualitativen Daten zur näheren Charakterisierung der Profile eine Erweiterung bisheriger Arbeiten dar und entspricht der Forderung nach einem kombinierten Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden in Interventionsstudien zu epistemischen Überzeugungen (Bendixen, 2016; Kienhues et al., 2016). Da nur zu einem Teil der Lernenden des unverbindlichen Profils qualitative Daten für die Charakterisierung dieses Profils vorlagen, kann dieses Vorgehen nur als ein erster explorativer Schritt verstanden werden. So können die identifizierten Auffälligkeiten lediglich als Hinweise interpretiert werden und bleiben in zukünftigen Studien zu bestätigen. Des Weiteren werden Gruppendiskussionen zwar für das Ansprechen von Vorstellungen sowie das Anregen eines Austausches über alternative Vorstellungen empfohlen, dennoch bleibt an dieser Stelle offen, inwiefern diese auch zu Kollektivüberzeugungen in Gruppen führen können und somit auch das Antwortverhalten des Einzelnen bei den *Concept Cartoons* beeinflussen könnten. Es bleibt in weiteren Untersuchungen zu zeigen, ob an dieser Stelle möglicherweise gezielte Interviews die bessere Wahl darstellen, um mehr Informationen für eine vollständige Charakterisierung der Profile zu erhalten.

11.2.4 Identifizierung von Profilwechseln

Während durch die variablenzentrierte Herangehensweise in dieser Studie keine Veränderung epistemischer Überzeugungen über die Zeit aufgezeigt wurde (siehe Kapitel 10.1.3 und 11.1.3), konnten durch die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes und insbesondere der latenten Transitionsanalyse einige Profilwechsel identifiziert werden, wenngleich der Großteil der Lernenden ihr Profil über die drei Messzeitpunkte beibehielt (für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.2.4). Die Muster hinsichtlich eines Profilwechsels unterschieden sich dabei nur leicht zwischen der

Kontrollgruppe sowie den zwei Interventionsgruppen. Der Anteil an Schülerinnen und Schülern, welche zwischen den Messzeitpunkten einen Profilwechsel zeigten, war dabei in der Interventionsgruppe (2) *explizit*, die eine explizite Reflexion epistemischer Überzeugungen mittels der *Concept Cartoons* durchgeführt hatte, leicht größer (für eine Beschreibung der Gruppen siehe Abschnitt 8.1.2). Gleichzeitig traten in den beiden Interventionsgruppen mehr Transitionspfade auf als in der Kontrollgruppe.

Bisherige Interventionsstudien zur Adressierung epistemischer Überzeugungen basierten meist auf einer variablenzentrierten Herangehensweise (siehe Kapitel 2.5). Eine Ausnahme bildet dabei die Arbeit von Ferguson und Bråten (2013), welche einen ersten Schritt in Richtung der Anwendung eines personenzentrierten Ansatzes in Interventionsstudien darstellt. Als Erweiterung ihrer Herangehensweise wurde in dieser Arbeit die latente Transitionsanalyse zur Identifizierung von Profilwechseln eingesetzt (siehe Kapitel 9.1.6). In anderen Bereichen konnte die latente Transitionsanalyse bereits erfolgreich zur Identifizierung von systematischen Konzeptwechseln im Hinblick auf Schülervorstellungen insbesondere im Zusammenhang mit verschiedenen instruktionalen Settings eingesetzt werden (Flaig et al., 2018; Schneider & Hardy, 2013). Daher war anzunehmen, dass die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes (und damit der latenten Transitionsanalyse) auch im Forschungsfeld der epistemischen Überzeugungen gewinnbringende Erkenntnisse bei der Ableitung praxisrelevanter Empfehlungen liefern kann.

Da personenzentrierte Ansätze insbesondere darauf abzielen, Subgruppen gezielt in den Blick zu nehmen (Kampa et al., 2016), ist es essentiell, die einzelnen identifizierten Profilwechsel näher zu untersuchen, um detailliertere Einblicke in Veränderungsmechanismen zu erhalten. Flaig et al. (2018) interpretieren die Wechsel von Wissens-Profilen in ihrer Studie zu Schülervorstellungen als Konzeptwechsel und weisen darauf hin, dass mit einem Wechsel zwischen ähnlicheren Profilen eine geringere Wissensumstrukturierung verbunden sei, als es zwischen sehr unterschiedlichen Profilen der Fall ist. In Anlehnung an diese Hypothese könnte die Ursache eines Profilwechsels hin zum unverbindlichen Profil am Follow-up-Zeitpunkt, welches sich stark von den anderen Profilen unterschied, ein sehr starker kognitiver Konflikt sein, der durch die wiederholte Testung oder die Intervention ausgelöst worden ist. Besonders

daran ist, dass diese Veränderung sich erst durch die Betrachtung der nachhaltigen Auswirkungen der Intervention, d.h. durch das Einbeziehen eines dritten Messzeitpunktes, zeigte. Das Identifizieren solcher Subgruppen bzw. der Wechsel in ein solches Profil kann einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Schülerlaborangeboten leisten. So könnten in zukünftigen Arbeiten gezielte Unterstützungs- und Instruktionsmaßnahmen für diese Subgruppen konzipiert und weiterentwickelt werden.

Warum insgesamt dennoch wenige Profilwechsel identifiziert werden konnten, könnte unterschiedliche Gründe haben. Eine mögliche Ursache mag darin bestehen, dass die Auswirkungen der Intervention auf die epistemischen Überzeugungen geringer waren als zu Beginn angenommen. Dies könnte, wie in Abschnitt 11.1.3 bereits diskutiert, an der Gestaltung der Intervention und Instruktionsmethode liegen (u.a. der Gestaltung der *Concept Cartoons* und ihre Position im Gesamtkonzept der Einheit). Weitere Gründe könnten, im Vergleich zu anderen Interventionsstudien in diesem Bereich mit einer variablenzentrierten Herangehensweise, die kürzere Dauer der Intervention sowie das höhere Alter der Lernenden in der Stichprobe sein (siehe Abschnitt 11.1.3). Eine weitere mögliche Ursache für die geringe Zahl identifizierter Wechsel könnte die Stichprobe von Lernenden des Gymnasiums darstellen. So konnten bereits Kampa et al. (2016) zeigen, dass Lernende aus Gemeinschaftsschulen hinsichtlich ihrer epistemischen Überzeugungen deutlich heterogener sind und somit dort auch unterschiedlichere Profile identifiziert werden konnten. Weitere Studien sollten dabei untersuchen, welche Auswirkung eine derartige Intervention auf eine deutlich heterogenere Ausgangspopulation mit Lernenden der Gemeinschaftsschule hat. Gleichmaßen könnte es auch daran liegen, dass die Grundlage für die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes ein quantitatives Instrument war und somit abwägende Haltungen der Lernenden mit diesem nicht erfasst werden konnten (siehe Abschnitt 11.1.4). Demnach könnten in zukünftigen Interventionsstudien qualitative Erhebungsinstrumente (z.B. Interviews) als Basis zur Anwendung eines personenzentrierten Analyseansatzes genutzt werden, welche sich möglicherweise als sensibler für das Erfassen von Veränderungen der epistemischen Überzeugungen erweisen.

Die Anwendung der latenten Transitionsanalyse stellt, insbesondere im Forschungsfeld der epistemischen Vorstellungen, ein exploratives Vorgehen dar. So befindet sich die Anwendung solcher Ansätze zur Untersuchung epistemischer Überzeugungen im Vergleich zum Forschungsfeld *Conceptual Change* noch relativ am Anfang, was unter anderem mit dem weniger normativen Charakter von Vorstellungen zur Natur des Wissens und Wissenserwerbs zusammenhängen könnte. Im Bereich *Conceptual Change* konnte die latente Transitionsanalyse bereits erfolgreich für die Untersuchung individueller Veränderungen fachlicher Konzepte eingesetzt werden (Flaig et al., 2018; Schneider & Hardy, 2013). Dennoch gehen auch mit diesem Vorgehen einige Limitationen einher. So weisen Hickendorff et al. (2018) darauf hin, dass latente Transitionsmodelle bei Studien mit mehreren Messzeitpunkten unter anderem durch die höhere Zahl an Transitionspfaden zunehmend schwer zu interpretieren sind. Darüber hinaus erläutern sie, dass bei solchen Modellen die Veränderung über die Zeit lediglich von dem vorherigen Messzeitpunkt und nicht von dem wiederum davor liegenden abhängt, was bei der Interpretation zu beachten ist. Außerdem kann statt des hier gewählten Vorgehens eine alternative Herangehensweise erwägt werden. So wurde hier zunächst querschnittlich pro Messzeitpunkt eine Profilanalyse und anschließend basierend auf den dabei identifizierten Profilen eine latente Transitionsanalyse berechnet. Dadurch ist es möglich, die modelltechnisch pro Messzeitpunkt am besten passende Profillösung zu wählen. Gleichzeitig erschweren die unterschiedlichen Mittelwerte pro Messzeitpunkt aber eine Interpretation, weshalb andere Arbeiten die Profilmittelwerte über die Zeit fixiert haben (u.a. Flaig et al., 2018; Flunger et al., 2015).

Darüber hinaus könnte der Vorschlag von Chen (2012), die Profile nicht nur durch den Einbezug epistemischer Überzeugungen sondern weiterer relevanter Konstrukte zu bilden, für die Anwendung der latenten Transitionsanalyse ebenfalls zu detaillierteren Einblicken in Interventionen führen. So konnten Ferguson und Bråten (2013), welche die Cluster über epistemische Überzeugungen und Wissen bildeten, zum Post-Messzeitpunkt Wechsel hin zu Clustern mit einem höheren Wissen und geringerer Zustimmung zur Rechtfertigung durch persönliche Meinung (JPO) sowie höherer Zustimmung zur Rechtfertigung durch Autorität (JA) oder Rechtfertigung durch mehrere Quellen (JMS) aufzeigen. Außerdem wiesen Ferguson und Bråten (2013) darauf hin, dass die Ursache für Wechsel entgegengesetzt zur angenommenen Richtung, die auch in

dieser Studie auftraten, fehlende Motivation oder fehlende spezifischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sein könnte, welche für tiefergehende Denkprozesse und somit eine Veränderung epistemischer Überzeugungen notwendig sein könnten.

11.2.5 Zusammenfassung: Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln epistemischer Überzeugungen

Mittels der latenten Profilanalyse konnten in dieser Interventionsstudie zum Prä-Messzeitpunkt drei Profile, zum Post-Messzeitpunkt zwei Profile und zum Follow-up-Zeitpunkt erneut drei Profile identifiziert werden, welche sich hinsichtlich der vier Dimensionen nach Conley et al. (2004) unterschieden. So traten zu allen drei Messzeitpunkten jeweils ein sophistiziertes und ein leicht sophistiziertes Profil auf. Am Prä-Zeitpunkt konnte darüber hinaus das evidenzbasierte-dynamische Profil und zum Follow-up-Zeitpunkt das unverbindliche Profil identifiziert werden. Die Anzahl der Profile sowie ihre Form ähnelten dabei vorangegangenen Arbeiten (Chen, 2012; Kampa et al., 2016), sodass davon ausgegangen werden kann, dass diese Profile nicht allein ein Artefakt dieser Untersuchung sind. Insgesamt sei an dieser Stelle angemerkt, dass eine Aufteilung der Lernenden in Profile eine künstliche Form der Trennung ist und dabei zu beachten ist, dass sich die meisten hier auftretenden weniger sophistizierten Profile immer noch durch relativ sophistizierte epistemische Überzeugungen auszeichneten. Dies könnte möglicherweise auch mit der Wahl des quantitativen Instruments als Grundlage für die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes zusammenhängen. So gehörte der Großteil der Lernenden den (leicht) sophistizierten Profilen an, was auch in den Studien von Chen (2012) und Kampa et al. (2016) bei Lernenden des Gymnasiums der Fall war. Darüber hinaus könnten Unterschiede in identifizierten Profilen auch auf kulturelle Unterschiede oder beispielsweise die Schulform der Lernenden zurückgeführt werden. So konnte Kampa et al. (2016) zeigen, dass Lernende aus Gemeinschaftsschulen deutlich heterogener waren und damit in den Stichproben auch vermehrt andere Profile identifiziert wurden als in Klassen aus dem Gymnasium. Insgesamt stützen diese Ergebnisse die Annahme einer Multidimensionalität epistemischer Überzeugungen, da sie verdeutlichen, dass Lernende in den einzelnen Dimensionen ganz unterschiedlich stark ausgeprägte Vorstellungen besitzen können.

Neben diesen unterschiedlichen Ausprägungen in den einzelnen Dimensionen epistemischer Überzeugungen unterschieden sich die Profile außerdem auch in Hinblick auf verschiedene Kovariaten (Forschungsfrage 2b), was erst durch die Anwendung einer personenzentrierten Herangehensweise gezeigt und untersucht werden kann. So konnte zum Prä- und Post-Zeitpunkt festgestellt werden, dass sich Lernende des sophistizierten Profils durch eine höhere Jahrgangstufe als die Lernenden der anderen Profile auszeichneten und über ein höheres Interesse an Biomedizin verfügten als Lernende des leicht sophistizierten Profils. Diese Befunde lassen vermuten, dass sehr sophistizierte Sichtweisen mit einem hohen Interesse einhergehen, es gleichzeitig aber auch Lernende gibt, die über ein hohes Interesse am Themenbereich verfügen, ohne in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen sophistizierte Ansichten zu haben (siehe das evidenzbasierte-dynamische Profil). Gleichzeitig zeigte sich bei den Lernenden des sophistizierten Profils am Follow-up-Zeitpunkt im Vergleich zu den Lernenden der anderen Profile eine signifikant bessere Leistung im Fachwissenstest, was für einen möglichen Zusammenhang sehr sophistizierter Vorstellungen mit dem Wissenserwerb sprechen könnte, sowie ebenfalls eine signifikant bessere Zeugnisnote in Biologie, was möglicherweise auch bedingt durch die thematische Ausrichtung der außerschulischen Lerneinheit sein könnte.

Die Lernenden des zum Follow-up-Zeitpunkt identifizierten unverbindlichen Profils hoben sich deutlich von den Lernenden der anderen Profile durch ein signifikant geringeres individuelles Interesse, Vertrauen, situationales Interesse am Projekttag und einen sehr geringen Wert im Fachwissenstest ab. Deshalb sollten Lernende dieses Profils, welche auch in der Interventionsgruppe (2) *explizit* waren und damit an der Nachbereitungsstunde teilgenommen hatten, mithilfe der dort erhobenen qualitativen Daten näher untersucht werden (Forschungsfrage 2c). So konnten bei fünf der acht Personen Hinweise für ihre, über den Fragebogen ermittelte, unverbindliche Position gefunden werden. So zeichneten sie sich durch unverbindliche Aussagen in den schriftlichen Antworten und Diskussionsbeiträgen aus oder zeigten ein unsicheres Verhalten in der Diskussion. Gleichzeitig schienen einige Lernende mehr Zeit zum Nachdenken über die *Concept Cartoons* zu benötigen als die anderen und deshalb der Diskussion nicht ganz folgen zu können. Eine Erklärung für diese Auffälligkeiten und damit auch ihre Position im Fragebogen könnte ein kognitiver Konflikt bzw.

192

epistemischer Zweifel sein. Möglicherweise wurden durch die Intervention oder die Testung selbst Prozesse in den Gang gesetzt, welche sich erst nach einiger Zeit am Follow-up-Messzeitpunkt zeigten, was die Notwendigkeit der Integration eines dritten Messzeitpunktes unterstreicht. Bei den anderen drei Lernenden fanden sich hingegen keine Hinweise in den qualitativen Daten für ihre unverbindliche Haltung im Fragebogen.

Zum Abschluss wurde mit der latenten Transitionsanalyse untersucht, inwiefern sich Wechsel der identifizierten Profile zwischen den drei Messzeitpunkten zeigten. So behielt zwar der Großteil der Lernenden ihr jeweiliges Profil über alle drei Messzeitpunkte hinweg bei, dennoch konnten auch einige Profilwechsel beobachtet werden. Dabei war der Anteil an Wechseln in der Interventionsgruppe (2) *explizit* mit der Nachbereitungsstunde leicht höher als in den anderen Gruppen. Außerdem zeigten sich in beiden Interventionsgruppen mehr Transitionspfade als in der Kontrollgruppe. Dennoch unterschieden sich die drei Gruppen nicht in ihren Wechselmustern. Mögliche Gründe für die geringe Anzahl identifizierter Wechsel könnte die Gestaltung der Intervention und der *Concept Cartoons* als Instruktionsmethode sein, die kürzere Dauer der Intervention, die höhere Jahrgangsstufe der Lernenden im Vergleich zu anderen Studien sowie die Wahl einer insgesamt homogeneren Stichprobe von Lernenden des Gymnasiums. Weitere Interventionsstudien könnten deshalb gezielt heterogenere Stichproben wählen, um die Anwendung personenzentrierter Ansätze für die Untersuchung von Veränderungen epistemischer Überzeugungen zu nutzen. Eine weitere Ursache könnte die Verwendung eines quantitativen Instruments als Grundlage für die Profilbildung und Untersuchung von Profilwechseln sein. So könnten zukünftige Studien vermehrt qualitative Erhebungsformen (z.B. Interviews), welche ein breiteres Spektrum an Vorstellungen (u.a. abwägende Haltungen) erfassen und somit möglicherweise sensibler für eine Erfassung von Veränderungen sind, als Grundlage für die Anwendung eines personenzentrierten Ansatzes wählen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Anwendung eines personenzentrierten Ansatzes in dieser Arbeit, insbesondere im Vergleich mit einer variablenzentrierten Herangehensweise (siehe Abschnitt 10.1.3), wertvolle und vielfältigere Erkenntnisse für die Untersuchung epistemischer Überzeugungen in Interventionen liefern kann. So

können Subgruppen in der Population aufgezeigt und mögliche Risikogruppen identifiziert werden, für die in Zukunft geeignete Unterstützungsmaßnahmen für Schülerlaborangebote entwickelt werden könnten. Dies ist insbesondere von Interesse, da davon ausgegangen werden kann, dass Interventionen nicht alle Lernenden auf die gleiche Art und Weise ansprechen. Gleichzeitig können Veränderungen in epistemischen Überzeugungen viel detaillierter betrachtet werden. Da davon ausgegangen werden kann, dass Wechsel zwischen ähnlicheren Profilen weniger kognitive Umstrukturierung erfordern als zwischen unterschiedlichen, unterstreicht der Wechsel zum unverbindlichen Profil am Follow-up-Zeitpunkt die Annahme eines kognitiven Konfliktes bzw. epistemischen Zweifels. Auch der kombinierte Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden stellt eine Erweiterung bisheriger Arbeiten dar und ermöglicht gewinnbringende, detailliertere Einblicke in die Tiefendimensionen der Vorstellungswelten von Schülerinnen und Schülern. Da hier nicht von allen Lernenden des unverbindlichen Profils qualitative Daten zu dessen Beschreibung vorlagen, kann dieses Vorgehen hier nur als erster explorativer Schritt verstanden werden. Möglicherweise könnte in zukünftigen Interventionsstudien an den dritten Messzeitpunkt eine Interviewstudie angeschlossen werden, in welcher gezielt Lernende aus auffälligen Profilen bzw. Subgruppen über ihre Vorstellungen befragt werden.

11.3 Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess

Im Folgenden wird die Rolle von epistemischen Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess diskutiert (Forschungsschwerpunkt 3, für die Forschungsfragen siehe Abschnitt 4.3, für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.3). Dafür werden zunächst die Ergebnisse zu Korrelationen zwischen epistemischen Überzeugungen und weiteren lernprozessrelevanten Konstrukten in der Gesamtstichprobe sowie innerhalb der einzelnen Prä-Profile diskutiert (Abschnitt 11.3.1). Anschließend wird betrachtet, inwiefern sich die Prä-Profile in Bezug auf andere lernprozessrelevante Konstrukte am Post-Messzeitpunkt unterscheiden (Abschnitt 11.3.2). In Abschnitt 11.3.3 wird anschließend die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt 3 zusammengefasst.

11.3.1 Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen mit lernprozessrelevanten Konstrukten zum Prä-Zeitpunkt

Innerhalb der Gesamtstichprobe korrelierte das individuelle Interesse an Biomedizin leicht mit der Dimension Rechtfertigung des Wissens ($r = .25$, $p < .01$, für die Ergebnisse der Korrelationsanalysen siehe Abschnitt 10.3.1). Dies deutet darauf hin, dass Lernende, welche die Bedeutung von Experimenten, Neugier und Kreativität für naturwissenschaftliche Prozesse erkennen (sophistiziertere Sichtweise), auch ein höheres Interesse an Biomedizin haben. Da die Reliabilität der Rechtfertigungsskala beim Prä-Zeitpunkt lediglich $\alpha = .54$ betrug, sollten die Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden. Generell werden Zusammenhänge mit anderen Konstrukten dadurch eher unterschätzt (Urhahne & Hopf, 2004). Auch Urhahne und Hopf (2004) fanden einen leichten Zusammenhang zwischen naturwissenschaftlichem Interesse und der Dimension Rechtfertigung des Wissens ($r = .22$, $p < .100$, $N = 167$). Damerau (2012) konnte sogar einen mittelstarken Zusammenhang zwischen dem Fachinteresse Biologie und der Dimension Rechtfertigung zeigen ($r = .30$, $p \leq .001$, $N = 629$). Im Gegensatz zu Urhahne und Hopf (2004) konnten in dieser Studie keine weiteren Zusammenhänge zwischen den anderen Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse in der Gesamtstichprobe identifiziert werden.

Des Weiteren zeigte sich im Rahmen dieser Studie ein leicht negativer Zusammenhang zwischen dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) und der Dimension Quelle ($r = -.24$, $p < .01$). Das deutet darauf hin, dass Lernende, welche eher an Autoritäten als Quelle des Wissens glauben (naivere Position), ein größeres Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) haben. Darüber hinaus zeigte sich ein leicht positiver Zusammenhang zwischen dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) sowie der Dimension Rechtfertigung ($r = .15$, $p < .01$). Dies deutet darauf hin, dass Lernende, welche ein fortgeschritteneres Verständnis der Rolle von Experimenten, Neugier und Kreativität in naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozessen haben, auch ein größeres Vertrauen in Wissenschaft haben. Dies stimmt mit der theoretischen Annahme von Nadelson et al. (2014) überein, welche besagt, dass individuelle Vorstellungen zu dem Erkenntnisgewinnungsprozess innerhalb einer Disziplin auch das Vertrauen eines Individuums in die Disziplin selbst bedingen, wohingegen eine Unkenntnis über die

Prozesse innerhalb der jeweiligen wissenschaftlichen Gemeinschaft zu einem geringen Vertrauen führen kann. Er weist außerdem darauf hin, dass ein Adressieren dieser Beziehung im Rahmen naturwissenschaftlicher Grundbildung, d. h. eine Vermittlung von Charakteristika naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse, eine Grundlage für Vertrauen gegenüber der Naturwissenschaft bilden kann (Nadelson et al., 2014). Zwischen dem fachwissenschaftlichen Vorwissen und den Dimensionen epistemischer Überzeugungen konnten keine Zusammenhänge identifiziert werden, was mit den Ergebnissen von Mason et al. (2010) übereinstimmt. Auch Damerau (2012) fand nur sehr geringe oder sogar leicht negative Korrelationen zwischen dem Vorwissen und der Dimension Rechtfertigung. Dies könnte daraus resultieren, dass das hier erfasste Fachwissen sehr spezifisch auf die außerschulische Lerneinheit zugeschnitten und deshalb bei allen Lernenden zu Beginn der Einheit sehr geringes, entsprechendes Wissen vorhanden war.

In einem weiteren explorativen Schritt wurden zusätzlich innerhalb der Profile Korrelationsanalysen durchgeführt. Dabei zeigte sich in allen drei Profilen zum Prä-Messzeitpunkt ein Zusammenhang zwischen dem individuellen Interesse und der Dimension Rechtfertigung. Darüber hinaus korrelierte das Vertrauen im sophistizierten ($r = -.20, p < .05$) und im leicht sophistizierten Profil ($r = -.32, p < .01$) negativ mit der Dimension Quelle. Im leicht sophistizierten Profil korrelierte es außerdem auch leicht mit der Dimension Rechtfertigung ($r = .23, p < .01$). Im evidenzbasierten-dynamischen Profil korrelierte das individuelle Interesse darüber hinaus stark mit der Dimension Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens ($r = .70, p < .05$). Das bedeutet, dass die Lernenden dieses Profils, welche glauben, dass es auf komplexe Fragen in den Naturwissenschaften mehr als eine Antwort geben kann und damit weniger an die Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens glauben, ein höheres Interesse zeigten. Dieser Zusammenhang unterschied sich deutlich von jenem in den anderen beiden Profilen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass Lernende des evidenzbasierten-dynamischen Profils im Vergleich zu Lernenden der anderen Profile eher an die Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens sowie Autoritäten als Quelle des Wissens glauben. Im evidenzbasierten-dynamischen Profil zeigte sich weiter ein Zusammenhang zwischen dem Vertrauen und der Dimension Entwicklung ($r = .72, p < .01$), welcher sich ebenfalls signifikant von jenen der anderen beiden Profile unterschied.

Interessanterweise zeigten sich somit nur zwischen dem evidenzbasierten-dynamischen und den anderen beiden Profilen signifikante Unterschiede in den Zusammenhängen. Es bleibt in weiteren Studien zu prüfen, worin die Gründe für solche starken Zusammenhänge in diesem Profil bestehen könnten. Da davon ausgegangen werden kann, dass die einzelnen Lernenden von Interventionen ganz unterschiedlich angesprochen werden, kann der personenzentrierte Ansatz hier genutzt werden, um zu untersuchen, welche Zusammenhänge mit anderen lernprozessrelevanten Konstrukten sich bei Lernenden mit einem bestimmten Muster an epistemischen Überzeugungen, d.h. eines bestimmten Profils, zeigen. Auf diesem Weg lassen sich spezifische Bedürfnisse für das Lernen im Schülerlabor identifizieren (z.B. des evidenzbasierten-dynamischen Profils). Dies ist insbesondere für das Konzipieren zielgruppenadäquater Angebote im Schülerlabor von Bedeutung. An dieser Stelle ist weitere Forschung für eine klarere Charakterisierung sowie stärkere Abgrenzung der Profile untereinander essentiell (siehe in dem Zusammenhang auch Chen, 2012).

11.3.2 Vergleich der Prä-Profile in Bezug auf lernprozessrelevante Konstrukte am Post-Messzeitpunkt

In Bezug auf die Zusammenhänge der Prä-Profilizugehörigkeit mit weiteren lernprozessrelevanten Konstrukten konnte gezeigt werden, dass die Lernenden, welche zu Beginn der Erhebung dem sophistizierten Profil angehörten, sich im individuellen Interesse zum Post-Messzeitpunkt von Lernenden unterschieden, welche zum Prä-Messzeitpunkt dem leicht sophistizierten Profil angehörten (für die Ergebnisse siehe Abschnitt 10.3.2). Derartige Unterschiede hatten sich schon zum Prä-Zeitpunkt zwischen den drei Profilen gezeigt (siehe Abschnitt 10.2.2) und blieben damit bei diesen Schülerinnen und Schülern auch zum Post-Messzeitpunkt erhalten. Somit ähnelt auch dieser Befund den Ergebnissen aus der Studie von Kampa et al. (2016). Es zeichnete sich bei ihnen das leicht sophistizierte Profil durch eher geringere Werte bei der naturwissenschaftsbezogenen Motivation und dem Selbstkonzept verglichen mit den anderen Profilen aus. Darüber hinaus wiesen Lernende des evidenzbasierten-dynamischen Profils in ihrer Studie die höchsten Werte in naturwissenschaftlicher Motivation und dem Selbstkonzept in Chemie und Physik auf. Auch hier hatten Lernende

dieses Profils den zweithöchsten Wert im individuellen Interesse. Warum der Unterschied zwischen dem leicht sophistizierten und dem evidenzbasierten-dynamischen Profil nicht signifikant wurden, bleibt an dieser Stelle offen. Eine mögliche Ursache könnten die unterschiedlichen Stichprobengrößen der Profile sein. Dennoch deuten auch diese Ergebnisse erneut auf die Vermutung aus Abschnitt 11.2.2 hin, dass Lernende nicht in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen sophistierte Vorstellungen haben müssen, um naturwissenschaftliches Interesse oder Motivation zu zeigen (Kampa et al., 2016).

Hinsichtlich des Vertrauens am Post-Zeitpunkt wurde der Unterschied zwischen Lernenden, welche zu Beginn der Intervention dem evidenzbasierten-dynamischen Profil angehörten, und Lernenden der beiden anderen Prä-Profile nicht signifikant, was erneut mit der geringen Stichprobengröße des evidenzbasierten-dynamischen Profils zusammenhängen könnte. Insgesamt wurden damit für die Prä-Profile beim Interesse und Vertrauen ähnliche Unterschiede wie schon zum Prä-Zeitpunkt identifiziert (siehe Abschnitt 11.2.2). Dies könnte damit zusammenhängen, dass sich die Lernenden im Hinblick auf ihr individuelles Interesse und Vertrauen kaum bzw. gar nicht zwischen den drei Messzeitpunkten verändert haben (siehe Abschnitt 10.1.1).

Beim Post-Fachwissen erreichten Lernende des sophistizierten und des evidenzbasierten-dynamischen Prä-Profils im Vergleich zum leicht sophistizierten Prä-Profil zwar höhere Werte, wobei dieser Unterschied nicht signifikant wurde. Wie oben bereits diskutiert, könnte ein Grund in der unterschiedlichen Stichprobengröße liegen. Es bleibt in zukünftigen Studien mit einer größeren Stichprobenzahl pro Profil zu zeigen, ob sich der hier identifizierte Hinweis auf einen möglichen Unterschied bestätigen lässt. In der Studie von Kampa et al. (2016) schnitt hingegen das sophistierte Profil am besten, das leicht sophistierte am zweitbesten und das evidenzbasierte-dynamische Profil am drittbesten hinsichtlich Leistung und Wissen in den naturwissenschaftlichen Fächern ab. Ein deutlicher Unterschied bestand dabei zwischen dem sophistizierten und dem evidenzbasierten-dynamischen Profil. Dieser Befund unterstreicht somit möglicherweise die Kritik an einer simplen und linearen Beziehung zwischen Wissen und der Qualität der epistemischen Überzeugungen (Bromme et al., 2008; Mason et al., 2011). So zeigen bisherige Studien in diesem Bereich ein uneinheitliches Bild (Bromme

et al., 2008; Kienhues et al., 2011). Während einige Studien auf Zusammenhänge mit zumindest einem Teil der Dimensionen epistemischer Überzeugungen hindeuten, konnten andere Studien keine Zusammenhänge identifizieren (Ferguson & Bråten, 2013). Des Weiteren zeigte sich in einigen Arbeiten sogar, dass die Zunahme an Wissen mit weniger sophistizierten Überzeugungen einherging (Kienhues et al., 2008; Köller et al., 2000). Insgesamt ziehen Kienhues et al. (2011) den Schluss, dass eine Zunahme an Wissen epistemische Überzeugungen beeinflussen könnte, die Richtung dieses Einflusses allerdings noch nicht abschließend geklärt sei. Durch das Aufgreifen des personenzentrierten Ansatzes konnte, Ferguson und Bråten (2013) folgend, die Forderung von Bromme et al. (2008) nach weiterer Untersuchung dieser Beziehung aufgegriffen werden. Somit unterstreicht dieser Befund die Komplexität der Beziehung zwischen Wissen(erwerb) und epistemischen Überzeugungen. Diese gilt es in zukünftigen Untersuchungen mithilfe des personenzentrierten Ansatzes und größeren Stichproben weiter gezielt zu untersuchen, um diese ersten Hinweise bestätigen zu können.

11.3.3 Zusammenfassung: Epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess

In Bezug zur Forschungsfrage 3a konnte in der Gesamtstichprobe ein leicht positiver Zusammenhang zwischen dem individuellen Interesse und der Dimension Rechtfertigung sowie ein leicht positiver Zusammenhang zwischen der Dimension Rechtfertigung und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) identifiziert werden. Dies bedeutet, dass Lernende, welche die Bedeutung von Experimenten, Neugier und Kreativität für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess verstehen, auch über ein höheres Interesse und Vertrauen verfügen. In zukünftigen Studien sollten diese Zusammenhänge hinsichtlich Kausalität untersucht werden. So könnte eine Vermutung darin bestehen, dass eine Vermittlung von Charakteristika naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse einen Beitrag zum Vertrauen und auch zum Interesse an dem naturwissenschaftlichen Bereich leisten kann. Schülerlabore, welche einen authentischen Einblick in aktuelle Forschung und ein eigenständiges Experimentieren innerhalb des jeweiligen Themenbereichs ermöglichen,

würden damit eine bedeutsame Rolle bei der Förderung von Interesse sowie informiertem Vertrauen einnehmen. Außerdem zeigte sich ein leicht negativer Zusammenhang zwischen dem Vertrauen und der Dimension Quelle, d.h. Lernende, welche an Autoritäten als Quelle des Wissens glauben, haben auch ein höheres Vertrauen. Dass keine Zusammenhänge zwischen dem Vorwissen und den Dimensionen epistemischer Überzeugungen zum Prä-Messzeitpunkt identifiziert werden konnten, war zu erwarten, da der Fachwissenstest sehr spezifisch auf die Einheit zugeschnitten war.

Bei dem explorativen Vorgehen in Bezug auf Forschungsfrage 3b zeigte sich in allen drei Prä-Profilen der auch in der Gesamtstichprobe identifizierte Zusammenhang zwischen dem individuellen Interesse an Biomedizin und der Dimension Rechtfertigung. Weiter zeigte sich im sophistizierten und leicht sophistizierten Profil hinsichtlich des Vertrauens ein negativer Zusammenhang mit der Dimension Quelle und im leicht sophistizierten ein leicht positiver Zusammenhang mit der Dimension Rechtfertigung. Darüber hinaus konnte im evidenzbasierten-dynamischen Profil ein starker Zusammenhang des Vertrauens mit der Dimension Entwicklung sowie ein starker Zusammenhang der Dimension Sicherheit und dem individuellen Interesse festgestellt werden, wobei sich diese beiden Zusammenhänge deutlich von den entsprechenden Zusammenhängen in den anderen Profilen unterschieden. Mithilfe des personenzentrierten Ansatzes können so spezifische Bedürfnisse der einzelnen Profile (z.B. des evidenzbasierten-dynamischen Profils) identifiziert und diese Erkenntnisse anschließend für das Konzipieren zielgruppenadäquater Angebote genutzt werden.

In Bezug auf Forschungsfrage 3c zeigte sich, dass die Prä-Profile vergleichbare Unterschiede hinsichtlich ihres Post-Vertrauens und des Post-Interesses an Biomedizin aufzeigten, wie es schon in Hinblick auf das Prä-Vertrauen und Prä-Interesse der Fall war (siehe Abschnitt 10.2.2 und 11.2.2). Dies könnte möglicherweise auch damit zusammenhängen, dass sich das individuelle Interesse und das Vertrauen der Lernenden über die drei Messzeitpunkte nicht oder nur geringfügig veränderte (siehe Abschnitt 10.1.1 und 11.1.1). Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus der Studie von Kampa et al. (2016) erreichten hier das sophistizierte und das evidenzbasierte-dynamische Prä-Profil die höchsten Werte im Fachwissenstest. Da diese Unterschiede, möglicherweise

aufgrund der unterschiedlichen Stichprobengrößen, nicht statistisch signifikant wurden, kann dies nur als Hinweis interpretiert werden, der möglicherweise die komplexe Beziehung zwischen epistemischen Überzeugungen und Fachwissen unterstreichen und damit der Annahme einer linearen Beziehung zwischen den beiden widersprechen könnte. Dieser Hinweis bleibt in weiteren Studien mit größeren Stichproben, insbesondere pro Profil, zu bestätigen. Das Aufgreifen des personenzentrierten Ansatzes könnte hier neue Erkenntnisse bei der Untersuchung dieser Beziehung liefern.

VIII FAZIT UND IMPLIKATIONEN

Im Folgenden wird zunächst ein Fazit aus den Ergebnissen der Arbeit gezogen (siehe Kapitel 12), um darauf basierend Implikationen theoretischer, methodischer und praktischer Art abzuleiten (siehe Kapitel 13).

12 Fazit

Die Ziele dieser im Kontext von Wissenschaftskommunikation und Science Outreach angesiedelten Arbeit verteilen sich auf die zwei Schwerpunkte *Entwicklung* und *Forschung*. Im Schwerpunkt Entwicklung bestand das Ziel darin, ein Schülerlabor-Angebot zum Thema Antibiotikaresistenz und Mukoviszidose zu konzipieren, welches authentische Einblicke in aktuelle Forschung an der Schnittstelle von Biologie und Medizin für Schülerinnen und Schüler ermöglicht. Die außerschulische Einheit - *Den Resistenzen auf der Spur* - bestand aus einer Vor- und Nachbereitungsstunde in der Schule sowie einem dazwischenliegenden Projekttag im Schülerlabor (für die Materialien siehe <http://antibiotika.kisoc.de>). Im Themenschwerpunkt Forschung hatte die Arbeit zum Ziel, die konzipierte außerschulische Lerneinheit in ihrer Effektivität zu untersuchen. Da für die Evaluierung von Wissenschaftskommunikationsformaten empfohlen wird, klassische Konstrukte der Lehr-Lern-Forschung zu überschreiten und auch solche mit einzubinden, welche beispielsweise mit Blick auf alltägliche Informationsverarbeitungsprozesse relevant sind, wurde der Fokus auf das Konstrukt der epistemischen Überzeugungen gelegt. Das dazugehörige Forschungsvorhaben gliedert sich in drei Forschungsschwerpunkte: die Wirksamkeit der Intervention (*Forschungsschwerpunkt 1*), die Identifizierung und Charakterisierung von Profilen und Profilwechseln (*Forschungsschwerpunkt 2*) sowie epistemische Überzeugungen als Faktoren im Lernprozess (*Forschungsschwerpunkt 3*).

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die hier konzipierte außerschulische Lerneinheit und insbesondere der Projekttag im Schülerlabor das situationale Interesse der Lernenden wecken konnte und die kognitive Belastung der Lernenden angemessen war. Außerdem zeigte sich sowohl direkt nach der Intervention als auch langfristig ein Zuwachs an Fachwissen über die Inhalte der Einheit. Bezüglich des individuellen

Interesses konnte die Einheit nur einen leichten und kurzfristigen positiven Zuwachs in einer der zwei Interventionsgruppen bewirken. Das Vertrauen der Schülerinnen und Schüler in die Wissenschaft(ler/innen) wurde durch die Intervention nicht verändert, sodass hierfür zukünftig gezielte Interventionen konzipiert werden sollten.

Für die Untersuchung epistemischer Überzeugungen (d.h. Überzeugungen über die Natur des Wissens und Wissenserwerbs) und der damit verbundenen Veränderungsprozesse wurde neben einer variablenzentrierten Herangehensweise auch ein personenzentrierter Analyseansatz in der Interventionsstudie angewandt. Darüber hinaus wurden sowohl quantitative (Fragebögen) als auch qualitative Methoden (*Concept Cartoons* und Gruppendiskussionen) zur Erfassung epistemischer Überzeugungen genutzt. Die *Concept Cartoons* wurden dabei gleichzeitig als Instruktionsmethode für das Explizieren epistemischer Überzeugungen in einer der zwei Interventionsgruppen eingesetzt. Zusammenfassend konnte über die variablenzentrierte Herangehensweise zunächst weder eine kurz- noch langfristige Wirkung durch die außerschulische Lerneinheit sowie den Einsatz von *Concept Cartoons* als Instruktionsmethode auf die epistemischen Überzeugungen der Lernenden festgestellt werden. Gleichmaßen konnten durch die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes keine Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen sowie der Kontrollgruppe hinsichtlich des Wechselmusters (d.h. den Veränderungsverläufen durch die Intervention) identifiziert werden. Somit konnte auch über diese Herangehensweise weder eine kurz- noch langfristige Wirkung der *Concept Cartoons* als Instruktionsmethode festgestellt werden. Es bleibt allerdings offen, ob eine andere Gestaltung der *Concept Cartoons* oder der Einsatz in einem anderen Setting für ein Explizieren epistemischer Überzeugungen geeignet sein könnte.

Es zeigte sich, dass die Stabilität epistemischer Überzeugungen, welche über die variablenzentrierte Herangehensweise erfasst wurde, mit dem Ansatz und der Erhebungsmethode selbst zusammenhängen könnte. So konnten durch die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes einige Veränderungen zwischen den drei Messzeitpunkten in Form von Profilwechseln aufgezeigt werden. Eine besonders starke kognitive Umstrukturierung könnte dabei bei jenen Lernenden aufgetreten sein, welche zum Follow-up-Zeitpunkt in das unverbindliche Profil wechselten und möglicherweise

einen kognitiven Konflikt bzw. einen epistemischen Zweifel durchliefen. Daran anknüpfend stellt sich die Frage, welche Teilbereiche epistemischer Überzeugungen durch Interventionen veränderbar sind und welche ein stetiges Aufgreifen in formalen und informalen Settings erfordern. Weiterhin bleibt die Frage bestehen, inwiefern in Interventionsstudien möglicherweise zunächst gezielt versucht werden sollte, einen epistemischen Zweifel zu induzieren. Je nach Zielsetzung ist dabei eine passende Erhebungsform zu wählen, welche ausreichend sensitiv ist, um etwaige Veränderungen aufzudecken (siehe auch Bråten, 2016).

Hierbei erwiesen sich in der vorliegenden Studie die *Concept Cartoons* als deutlich sensibler bei der Erfassung von Meinungsänderungen, sodass durchaus denkbar ist, diese als Erhebungsform, insbesondere aufgrund der Kürze der Antworten, für Prä-Post-Follow-up-Erfassungen epistemischer Überzeugungen anzuwenden. Außerdem zeigte sich bei der Untersuchung der *Concept Cartoons* als Erhebungsmethode, dass sie auch ein deutlich breiteres Spektrum an Teilaspekten des Konstruktes erfassen können und es auch insbesondere ermöglichen, abwägende Haltungen der Lernenden zu erfassen. Diesbezüglich konnten wertvolle inhaltliche Erkenntnisse hinsichtlich der Dimension Quelle des Wissens gewonnen werden, bei der die klassischen Ausprägungen dieser Dimension mittels Fragebogenerhebung vielfach in Kritik standen. Eine Erfassung epistemischer Überzeugungen mithilfe der *Concept Cartoons* und damit einhergehend das Einbinden qualitativer Methoden ist somit vor allem bei der Untersuchung der Dimension Quelle des Wissens gewinnbringend. Dies ermöglicht es, zu untersuchen, inwiefern Lernende im Sinne der Vertrauensstrategie (siehe Abschnitt 2.1) Experten Glauben schenken und gleichzeitig eine kritische Sicht behalten.

Die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes gewährte darüber hinaus weitere tiefergehende Einblicke in das Konstrukt epistemischer Überzeugungen. So zeigten sich bei den identifizierten Profilen, welche an bisherige Arbeiten anknüpften, unterschiedliche Eigenschaften in Hinblick auf weitere lernrelevante Konstrukte. So gingen sophistische Vorstellungen in allen Dimensionen mit einem hohen Interesse an Biomedizin sowie einem hohen Wissenserwerb einher. Gleichzeitig gab es auch Profile, die im Vergleich zu dem sophistischen Profil ein ähnlich hohes Interesse an Biomedizin

sowie eine ähnliche Leistung im Fachwissenserwerb direkt nach der Intervention zeigten, aber nicht in allen Dimensionen epistemischer Überzeugungen sophistische Vorstellungen aufwiesen (siehe das evidenzbasierte-dynamische Profil). Der Befund leistet somit auch einen Beitrag zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen epistemischen Überzeugungen und dem Wissenserwerb. Darüber hinaus unterstreicht er die Komplexität dieser Beziehung und widerspricht der Annahme einer simplen, linearen Beziehung dieser beiden Konstrukte.

Weiterhin deuteten die Analysen von auftretenden Zusammenhängen innerhalb der einzelnen Profile zum Prä-Zeitpunkt darauf hin, dass auf diesem Weg möglicherweise spezifische Bedürfnisse der Lernenden eines bestimmten Profils identifiziert werden können. Dies ist insbesondere in Hinblick auf das Konzipieren zielgruppenadäquater Angebote im Wissenschaftskommunikationsformat Schülerlabor bedeutsam und bleibt in zukünftigen Studien weiter zu prüfen. In der Gesamtstichprobe dieser Arbeit zeigte sich darüber hinaus ein Zusammenhang zwischen der Dimension Rechtfertigung und dem individuellen Interesse an Biomedizin sowie dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen). An dieser Stelle könnten zukünftig Arbeiten ansetzen und die Kausalität dieses Zusammenhangs untersuchen. So kann vermutet werden, dass die Vermittlung von Charakteristika naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse auch einen Beitrag zur Förderung eines informierten Vertrauens sowie dem Interesse an dem jeweiligen Fachbereich leisten könnte, womit Schülerlaboren aufgrund ihrer Möglichkeit zum Experimentieren und ihren authentischen Einblicken in aktuelle Forschung eine bedeutsame Rolle zukommen würde.

Im Forschungsfeld der epistemischen Überzeugungen stellt die Arbeit eine Erweiterung bisheriger Interventionsstudien dar. So wurden die Forderungen nach der Anwendung eines (quasi-) experimentellen Designs mit Kontrollgruppe, einer personenzentrierten Herangehensweise in Interventionen sowie der Kombination quantitativer und qualitativer Methoden umgesetzt. Im Bezug zur Wissenschaftskommunikation, dem Kontext dieser Arbeit, wurde durch den Fokus auf epistemische Überzeugungen ein neuer Aspekt in die Schülerlaborforschung mit eingebracht. Dieser ist sowohl im Kontext der Wissenschaftskommunikation als auch in formalen Lernsettings von großem Interesse, da epistemische Überzeugungen sowohl

für das Lernen im Unterricht als auch beim Umgang mit wissenschaftlichen Informationen im Alltag eine essentielle Rolle spielen (siehe Abschnitt 2.1 und 2.2.2). Die Anwendung personenzentrierter Ansätze zur Evaluierung von Schülerlabor-Angeboten ermöglicht es dabei, individuelle Vorstellungen sowie Veränderungen dieser Vorstellungen in größeren Stichproben zu untersuchen. So kann die Heterogenität innerhalb einer Gruppe von Lernenden aufgezeigt und Schülerlabor-Angebote dementsprechend differenziert werden. Weil davon ausgegangen werden kann, dass Interventionen oder Schülerlabor-Besuche nicht auf alle Lernenden die gleiche Wirkung ausüben, können mithilfe des personenzentrierten Ansatzes Sub- oder Risikogruppen identifiziert werden, für die geeignete Instruktions- und Unterstützungsmaßnahmen konzipiert werden sollten.

13 Implikationen

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben theoretische, methodische und praktische Implikationen. *Auf theoretischer Ebene* zeigt sich, dass die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes tiefergehende Einblicke in das Konstrukt der epistemischen Überzeugungen gewährt. So konnten mittels der latenten Profilanalyse Profile epistemischer Überzeugungen bei den Lernenden identifiziert werden, welche sich durch ein spezifisches Muster hinsichtlich der vier Dimensionen nach Conley et al. (2004) sowie durch spezifische Eigenschaften hinsichtlich anderer Konstrukte beschreiben ließen. Insgesamt stützen diese Ergebnisse eine multidimensionale Konzeptualisierung epistemischer Überzeugungen und somit die Annahme, dass die Überzeugungen einer Person in den verschiedenen Dimensionen unterschiedlich stark ausgeprägt sein können. Die Ergebnisse zeigen weiter, dass der personenzentrierte Ansatz in zukünftigen Studien auch für die Untersuchung der komplexen Beziehung zwischen epistemischen Überzeugungen und dem Wissenserwerb genutzt werden sollte.

Darüber hinaus lieferte sowohl die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes als auch der kombinierte Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden tiefergehende Einblicke in Veränderungsprozesse in dieser Interventionsstudie. Da es

Grund zur Annahme gibt, dass Erfahrungen und Lerngelegenheiten zur Entwicklung epistemischer Überzeugungen beitragen können, ist es essentiell, die Mechanismen eines epistemischen Wandels zu verstehen und dessen Auslöser zu identifizieren. So könnten in zukünftigen Arbeiten beispielsweise kognitive und motivationale Konstrukte in die Modellbildung bei der latenten Profil- und Transitionsanalyse mit eingebunden werden, um zu untersuchen, welche kognitiven und affektiven Prozesse für eine instruktionale Veränderung epistemischer Überzeugungen relevant sind. Gleichzeitig fehlt bislang eine empirische Prüfung der einzelnen Komponenten aus dem Modell des epistemischen Wandels von Bendixen und Rule (2004) bzw. Rule und Bendixen (2010). In zukünftigen Studien zu zeigen ist außerdem, inwiefern eine noch stärkere Spezifizierung epistemischer Überzeugungen von der Domäne auf ein spezielles Thema zu einer stärkeren Veränderbarkeit derselben führt.

Auf methodischer Ebene zeigt sich, dass sowohl die Anwendung des personenzentrierten Ansatzes als auch die Kombination quantitativer und qualitativer Methoden zur Untersuchung epistemischer Überzeugungen in Interventionsstudien und insbesondere für die Modellierung eines epistemischen Wandels gewinnbringend sind. Die Wahl der Methodik ist somit für eine Erfassung von Veränderungen essentiell. Die Übereinstimmung der hier identifizierten Profile mit jenen aus bisherigen Arbeiten deutet dabei auf eine mögliche Verallgemeinerbarkeit dieser Profile für den Bereich der Naturwissenschaften hin, was in zukünftigen Studien weiter zu bestätigen ist. Insbesondere die Anwendung der latenten Transitionsanalyse stellt eine Erweiterung bisheriger Arbeiten dar und könnte auch in zukünftigen Studien zur detaillierteren Untersuchung des epistemischen Wandels eingesetzt werden. Auf diesem Wege können auch in großen Stichproben individuelle Veränderungen sichtbar gemacht werden. Eine Ergänzung dieses Vorgehens mit geeigneten qualitativen Methoden könnte wertvolle Einblicke in die Mechanismen des epistemischen Wandels liefern. Dabei bleibt in zukünftigen Arbeiten zu zeigen, welche qualitativen Methoden sich dafür als geeignet erweisen. So könnten in einem nächsten Schritt beispielsweise Interviews in Kombination mit dem personenzentrierten Ansatz eingesetzt werden, um mehr inhaltliche Einblicke zu erhalten. Möglicherweise könnten dabei auch innerhalb der Interviews konfligierende Beispiele Verwendung finden, um einen epistemischen Zweifel zu induzieren. Gleichmaßen könnten geeignete digitale Tools in Kombination

mit konfligierenden Elementen in Aufgaben verwendet werden, um beispielsweise Reaktionszeiten zu erfassen. Der kombinierte Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden ermöglichte es in dieser Studie darüber hinaus, auch abwägende Haltungen der Lernenden, insbesondere in Bezug auf die Dimension Quelle des Wissens, zu erfassen, was durch die Likert-Skalen im Fragebogen allein nicht möglich ist. Außerdem könnte in zukünftigen Interventionsstudien die Stichprobe basierend auf dem Alter, dem kulturellen und sozialen Hintergrund oder der Schulform ausgeweitet werden. Die Betrachtung einer heterogeneren Gruppe könnte insbesondere hinsichtlich der Veränderungsprozesse der unterschiedlichen Profile vielfältige neue Erkenntnisse liefern, welche dann für eine Breitenförderung an außerschulischen Lernorten von Interesse wäre.

Auf praktischer Ebene sind die Ergebnisse dieser Arbeit sowohl für den naturwissenschaftlichen Unterricht, das außerschulische Lernen als auch Wissenschaftskommunikationsformate allgemein relevant. So können die Ergebnisse Lehrkräfte an Schulen oder außerschulischen Lernorten aber auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die in der Wissenschaftskommunikation tätig sind, über die vorhandenen Vorstellungen von Lernenden der jeweiligen Altersstufe, auftretende Subgruppen innerhalb der Lernenden, deren Charakteristika sowie mögliche Veränderungsoptionen informieren. Damit schaffen sie ein Bewusstsein für die Bedeutung dieses Konstruktes. Weiter ist dies relevant, da gezeigt werden konnte, dass sich die einzelnen Profile durch unterschiedliche Charakteristika auszeichnen und somit möglicherweise über unterschiedliche Bedürfnisse für eine Interessens- oder Vertrauensförderung sowie den Wissenserwerb verfügen. Dies ist insbesondere für die Förderung eines reflektierten Vertrauens in die Wissenschaft als Ziel der Wissenschaftskommunikation, sowohl bei Lernenden als auch in der Bevölkerung im Allgemeinen, von großer Bedeutung. Um für eine differenzierte Adressierung epistemischer Überzeugungen konkrete Instruktionsmaßnahmen oder Empfehlungen für die Praxis aussprechen zu können, ist noch viel Arbeit zu leisten. Somit bieten sich hier im (außer)schulischen Kontext vielfältige Anknüpfungspunkte für zukünftige Interventionsstudien mit dem Ziel, geeignete Maßnahmen für die jeweiligen Profile entwickeln zu können. So könnten zum Beispiel für weniger erfolgreiche Profile geeignete Unterstützungsmaßnahmen konzipiert und erprobt werden. Gleichzeitig

208

bleibt weiter offen, worin geeignete Strategien zur Induzierung eines epistemischen Wandels bestehen können und womit dieser Wandel unterstützt werden kann.

Insgesamt ist das Forschungsfeld epistemischer Überzeugungen somit für die Wissenschaftskommunikation von hoher Relevanz und liefert Erkenntnisse über den Umgang von Laien mit wissenschaftlichen Informationen in Bezug auf Plausibilitäts- und Vertrauensurteile. Auf der einen Seite kann Wissenschaftskommunikation somit ein Instrument zur Adressierung und Veränderung epistemischer Überzeugungen sein. Auf der anderen Seite leistet die Forschung zu epistemischen Überzeugungen als individuelles Merkmal einer Person einen Beitrag, um zielgruppenadäquate Angebote in der Wissenschaftskommunikation konzipieren zu können. Um einen Vergleich zwischen einzelnen Formaten der Wissenschaftskommunikation zu ermöglichen, sollten solche Interventionsstudien zur Adressierung epistemischer Überzeugungen ebenfalls in anderen Kommunikationsformaten sowie mit anderer thematischer Ausrichtung durchgeführt werden.

IX VERZEICHNISSE

Literaturverzeichnis

- Adams, R. J. (2002). Scaling PISA cognitive data. In R. Adams & M. Wu (Hrsg.), *PISA 2000: Technical Report* (S. 99–108). OECD.
- Ainley, M., Hidi, S. & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94 (3), 545–561.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95 (3), 518–542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- Allum, N., Sturgis, P., Tabourazi, D. & Brunton-Smith, I. (2008). Science knowledge and attitudes across cultures: A meta-analysis. *Public Understanding of Science*, 17 (1), 35–54.
- Andersson, D. I. & Hughes, D. (2010). Antibiotic resistance and its cost: is it possible to reverse resistance?. *Nature Reviews Microbiology*, 8 (4), 260.
- Andersson, D. I. & Hughes, D. (2012). Evolution of antibiotic resistance at non-lethal drug concentrations. *Drug Resistance Updates*, 15 (3), 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.drug.2012.03.005>
- Andersson, D. I. & Hughes, D. (2014). Microbiological effects of sublethal levels of antibiotics. *Nature Reviews. Microbiology*, 12 (7), 465–478. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3270>
- Anschütz, A. (2012). *Epistemische Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern: Entwicklung eines Erfassungsinstrumentes für die Jahrgangsstufen 3 bis 6*. Logos Verlag.
- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Logos Verlag.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2016). Concept Cartoons als diskursiv-reflexive Szenarien zur Aktivierung des Methodenwissens beim Forschenden Lernen. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 20 (1), 33–43.

- Asparouhov, T. & Muthén, B. (2012). Using Mplus TECH11 and TECH14 to test the number of latent classes. *Mplus Web Notes*, 14, 22.
- Asparouhov, T. & Muthén, B. (2014). Auxiliary variables in mixture modeling: Using the BCH method in Mplus to estimate a distal outcome model and an arbitrary secondary model. *Mplus Web Notes*, 21, 1-22.
- Asparouhov, T. & Muthén, B. (2018). Variable-specific entropy contribution, 1–7.
- Backhaus, K., Erichson, B. & Weiber, R. (2011). *Fortgeschrittene Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer Verlag.
- Baker, C. M., Ferrari, M. J. & Shea, K. (2018). Beyond dose: Pulsed antibiotic treatment schedules can maintain individual benefit while reducing resistance. *Scientific Reports*, 8 (1), 5866. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24006-w>
- Baker, S., Thomson, N., Weill, F. X. & Holt, K. E. (2018). Genomic insights into the emergence and spread of antimicrobial-resistant bacterial pathogens. *Science*, 360 (6390), 733–738.
- Bakk, Z. & Vermunt, J. K. (2016). Robustness of stepwise latent class modeling with continuous distal outcomes. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 23 (1), 20–31. <https://doi.org/10.1080/10705511.2014.955104>
- Balim, A. G., Inel-Ekici, D. & Özcan, E. (2016). Concept cartoons supported problem based learning method in middle school science classrooms. *Journal of Education and Learning*, 5 (2), 272. <https://doi.org/10.5539/jel.v5n2p272>
- Baquero, F., Martínez, J.-L. & Cantón, R. (2008). Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Current Opinion in Biotechnology*, 19 (3), 260–265. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2008.05.006>
- Baram-Tsabari, A. & Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (2), 135–144. <https://doi.org/10.1002/tea.21202>
- Barbosa, C., Trebosc, V., Kemmer, C., Rosenstiel, P., Beardmore, R., Schulenburg, H. & Jansen, G. (2017). Alternative evolutionary paths to bacterial antibiotic resistance cause distinct collateral effects. *Molecular Biology and Evolution*, 34 (9), 2229-2244.

- Barbosa, C., Beardmore, R., Schulenburg, H. & Jansen, G. (2018). Antibiotic combination efficacy (ACE) networks for a *Pseudomonas aeruginosa* model. *PLoS Biology*, 16 (4), e2004356. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2004356>
- Bauer, J., Gartmeier, M., Wiesbeck, A. B., Moeller, G. E., Karsten, G., Fischer, M. R. & Prenzel, M. (2018). Differential learning gains in professional conversation training: A latent profile analysis of competence acquisition in teacher-parent and physician-patient communication. *Learning and Individual Differences*, 61, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.11.002>
- Bauer, M. W., Allum, N. & Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda. *Public Understanding of Science*, 16 (1), 79–95. <https://doi.org/10.1177/0963662506071287>
- Bauer, M. W. & Falade, B. A. (2014). Public understanding of science: Survey research around the world. In M. Bucchi & B. Trench (Hrsg.), *Routledge handbook of public communication of science and technology* (2. Aufl., S. 140–159). Routledge.
- Baxter Magolda, M. B. (1992). *Knowing and reasoning in college: Gender-related patterns in students' intellectual development*. Jossey-Bass.
- Baym, M., Stone, L. K. & Kishony, R. (2016). Multidrug evolutionary strategies to reverse antibiotic resistance. *Science*, 351 (6268). <https://doi.org/10.1126/science.aad3292>
- Belenky, M. F., Clinchy, B. M., Goldberger, N. R. & Tarule, J. M. (1986). *Women's ways of knowing: The development of self, voice, and mind*. Basic Books.
- Bell, P. & Linn, M. C. (2002). Beliefs about science: How does science instruction contribute? In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (S. 321–346). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bell, P. L. (1998). *Designing for students' science learning using argumentation and classroom debate* (Dissertation). University of California, Berkeley.
- Bendixen, L. D. (2002). A process model of epistemic belief change. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (S. 191–206). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Bendixen, L. D. (2016). Teaching for epistemic change in elementary classrooms. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 281–299). Routledge.
- Bendixen, L. D. & Rule, D. C. (2004). An integrative approach to personal epistemology: A guiding model. *Educational Psychologist*, 39 (1), 69–80.
- Bendixen, L. D., Schraw, G. & Dunkle, M. E. (1998). Epistemic beliefs and moral reasoning. *The Journal of Psychology*, 132 (2), 187–200.
- Bergman, L. R. & Magnusson, D. (1997). A person-oriented approach in research on developmental psychopathology. *Development and psychopathology*, 9 (2), 291–319.
- Bernholt, A. (2017). Erfassung epistemischer Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern der 5. und 6. Jahrgangsstufen mittels Concept Cartoons. In A. Bernholt, H. Gruber & B. Moschner (Hrsg.), *Wissen und Lernen: Wie epistemische Überzeugungen Schule, Universität und Arbeitswelt beeinflussen* (S. 99–118). Waxmann Verlag.
- Bernholt, A., Gruber, H. & Moschner, B. (2017). Epistemische Überzeugungen- ein Forschungsfeld. In A. Bernholt, H. Gruber & B. Moschner (Hrsg.), *Wissen und Lernen: Wie epistemische Überzeugungen Schule, Universität und Arbeitswelt beeinflussen* (S. 7–13). Waxmann Verlag.
- Bernholt, A. & Moschner, B. (2017). Zusammenhänge epistemischer Überzeugungen und selbstbezogener Kognition bei Schülerinnen und Schülern. In A. Bernholt, H. Gruber & B. Moschner (Hrsg.), *Wissen und Lernen: Wie epistemische Überzeugungen Schule, Universität und Arbeitswelt beeinflussen* (S. 123–141). Waxmann Verlag.
- Billmann-Mahecha, E. & Gebhard, U. (2014). Die Methode der Gruppendiskussion zur Erfassung von Schülerperspektiven. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 147–158). Springer Verlag.
- Blankenburg, J. & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 245–259). Springer Verlag.
- Bodmer, W. (2011). Foreword. In D. J. Bennett & R. C. Jennings (Hrsg.), *Successful science communication: Telling it like it is* (S. xiii–xiv). Cambridge University Press.

- Bond, T. G. & Fox, C. M. (2015). *Applying the rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (3. Aufl.). Taylor & Francis.
- Boone, W. J., Staver, J. R. & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Springer Verlag.
- Boone, W. J. (2016). Rasch analysis for instrument development: Why, when, and how? *CBE-Life Sciences Education*, 15 (4). <https://doi.org/10.1187/cbe.16-04-0148>
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Springer Verlag.
- Brandt, A. (2005). *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors*. Cuvillier Verlag.
- Bråten, I. (2016). Epistemic cognition interventions: Issues, challenges, and directions. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 360–371). Routledge.
- Bråten, I. & Strømsø, H. I. (2004). Epistemological beliefs and implicit theories of intelligence as predictors of achievement goals. *Contemporary Educational Psychology*, 29 (4), 371–388. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2003.10.001>
- Bråten, I. & Strømsø, H. I. (2009). Effects of task instruction and personal epistemology on the understanding of multiple texts about climate change. *Discourse Processes*, 47 (1), 1–31.
- Bråten, I., Strømsø, H. I. & Samuelstuen, M. S. (2008). Are sophisticated students always better? The role of topic-specific personal epistemology in the understanding of multiple expository texts. *Contemporary Educational Psychology*, 33 (4), 814–840. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.02.001>
- Braund, M. & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out of school learning. *International Journal of Science Education*, 28 (12), 1373–1388.
- Bromme, R. (2016). Mehr Forschung, bitte: Die Kommunikation wissenschaftlicher Inhalte findet auf vielen Kanälen statt. Woran es bislang mangelt, sind empirisch fundierte Erkenntnisse darüber, was auf diesem Feld überhaupt möglich und sinnvoll ist. Drei strategische Vorschläge. *DUZ Magazin*, 7, 20–21.

- Bromme, R. (2005). Thinking and knowing about knowledge: A plea for and critical remarks on psychological research programs on epistemological beliefs. In M. H. G. Hoffmann, J. Lenhard & F. Seeger (Hrsg.), *Activity and sign: Grounding mathematics education* (S. 191–201). Springer Verlag.
- Bromme, R. & Goldman, S. R. (2014). The public's bounded understanding of science. *Educational Psychologist*, 49 (2), 59–69. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.921572>
- Bromme, R. & Kienhues, D. (2014). Wissenschaftsverständnis und Wissenschaftskommunikation. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (6. Aufl., S. 55–81). Beltz.
- Bromme, R., Kienhues, D. & Stadtler, M. (2016). Die kognitive Arbeitsteilung als Herausforderung der Forschung zu epistemischen Überzeugungen. In A. K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft: Epistemologische Überzeugungen als Gegenstand psychologischer Forschung* (S. 25–38). Pabst Science Publishers.
- Bromme, R., Kienhues, D. & Stahl, E. (2008). Knowledge and epistemological beliefs: an intimate but complicate relationship. In M. S. Khine (Hrsg.), *Knowing, knowledge and beliefs: Epistemological studies across diverse cultures* (S. 423–444). Springer-Verlag.
- Bromme, R., Scharrer, L., Stadtler, M., Hömberg, J. & Torspecken, R. (2015). Is it believable when it's scientific? How scientific discourse style influences laypeople's resolution of conflicts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (1), 36–57. <https://doi.org/10.1002/tea.21172>
- Bucchi, M. & Trench, B. (2014). Science communication research: themes and challenges. In M. Bucchi & B. Trench (Hrsg.), *Routledge Handbook of Public Communication of Science and Technology* (2. Aufl., S. 1–14). Routledge.
- Buehl, M. M., Alexander, P. A. & Murphy, P. K. (2002). Beliefs about schooled knowledge: Domain general or domain specific? *Contemporary Educational Psychology*, 27 (3), 415–449.
- Buehl, M. M. & Alexander, P. A. (2005). Motivation and performance differences in students' domain-specific epistemological belief profiles. *American Educational Research Journal*, 42 (4), 697–726. <https://doi.org/10.3102/00028312042004697>

- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl.). Pearson Studium.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. Pearson Studium.
- Burns, T. W., O'Connor, D. J. & Stocklmayer, S. M. (2003). Science Communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12 (2), 183–202.
- Bybee, R. & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 7–26.
- Çam, A. & Geban, Ö. (2011). Effectiveness of case-based learning instruction on epistemological beliefs and attitudes toward chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 20 (1), 26–32. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9231-x>
- Campbell, D. T. & Fiske, D. W. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. *Psychological Bulletin*, 56 (2), 81–105.
- Cano, F. (2005). Epistemological beliefs and approaches to learning: Their change through secondary school and their influence on academic performance. *The British Journal of Educational Psychology*, 75 (2), 203–221. <https://doi.org/10.1348/000709904X22683>
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 514–529. <https://doi.org/10.1080/0950069890110504>
- Carlet, J., Jarlier, V., Harbarth, S., Voss, A., Goossens, H. & Pittet, D. (2012). Ready for a world without antibiotics? The Pensières Antibiotic Resistance Call to Action. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 1 (1), 11. <https://doi.org/10.1186/2047-2994-1-11>
- Carvalho, I. T. & Santos, L. (2016). Antibiotics in the aquatic environments: A review of the European scenario. *Environment International*, 94, 736–757. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.06.025>
- Chen, B. (2017). Fostering scientific understanding and epistemic beliefs through judgments of promisingness. *Educational Technology Research and Development*, 65 (2), 255–277. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9467-0>

- Chen, J. A. (2012). Implicit theories, epistemic beliefs, and science motivation: A person-centered approach. *Learning and Individual Differences*, 22 (6), 724–735.
- Chin, C. & Teou, L.-Y. (2009). Using concept cartoons in formative assessment: Scaffolding students' argumentation. *International Journal of Science Education*, 31 (10), 1307–1332. <https://doi.org/10.1080/09500690801953179>
- Ching, B. H.-H. & Nunes, T. (2017). Children's understanding of the commutativity and complement principles: A latent profile analysis. *Learning and Instruction*, 47, 65–79. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.10.008>
- Çil, E. (2014). Teaching nature of science through conceptual change approach-conceptual change texts and concept cartoons. *Journal of Baltic Science Education*, 13 (3).
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Taylor and Francis.
- Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I. & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29 (2), 186–204. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.004>
- Damerau, K. (2012). *Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor: Fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im BeLL Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie)* (Dissertation). Bergische Universität, Wuppertal.
- DeBacker, T. K., Crowson, H. M., Beesley, A. D., Thoma, S. J. & Hestevold, N. L. (2008). The challenge of measuring epistemic beliefs: An analysis of three self-report instruments. *The Journal of Experimental Education*, 76 (3), 281–312. <https://doi.org/10.3200/JEXE.76.3.281-314>
- Denzin, N. K. (1970). *The research act in sociology: A theoretical introduction to sociological methods*. Aldine.
- Dernbach, B., Kleinert, C. & Münster, H. (2012). Einleitung: Die drei Ebenen der Wissenschaftskommunikation. In B. Dernbach, C. Kleinert & H. Münster (Hrsg.), *Handbuch Wissenschaftskommunikation* (S. 1-15). Springer Verlag.
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina - Nationale Akademie der Wissenschaften & Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften. (2014). *Zur Gestaltung der Kommunikation zwischen*

Wissenschaft, Öffentlichkeit und den Medien: Empfehlungen vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen (Stellungnahme).

Dole, J. A. & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33 (2-3), 109–128.
<https://doi.org/10.1080/00461520.1998.9653294>

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation: in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer Verlag.

Dressing, T. & Pehl, T. (2015). *Praxisbuch Interview. Transkription und Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (6. Aufl.). Eigenverlag.

Eid, M. & Schmidt, K. (2014). *Testtheorie und Testkonstruktion*. Hogrefe Verlag.

Elborn, J. S. (2016). Cystic fibrosis. *The Lancet*, 388 (10059), 2519–2531.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00576-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00576-6)

Elby, A. & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 85 (5), 554–567. <https://doi.org/10.1002/sce.1023>

Elby, A., Macrander, C. & Hammer, D. (2016). Epistemic cognition in science. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 113–127). Routledge.

Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Logos Verlag.

Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 90, 4–12.

Falk, J. H., Martin, W. W. & Balling, J. D. (1978). The novel field-trip phenomenon: Adjustment to novel settings interferes with task learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15 (2), 127–134.

Fensham, P. J. (2012). Preparing citizens for a complex world: The grand challenge of teaching socio-scientific issues in science education. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.), *Science/Environment/Health: Towards a renewed pedagogy for science education* (S. 7–29). Springer Verlag.

- Ferguson, L. E., Bråten, I., Strømsø, H. I. & Anmarkrud, Ø. (2013). Epistemic beliefs and comprehension in the context of reading multiple documents: Examining the role of conflict. *International Journal of Educational Research*, 62, 100–114.
- Ferguson, L. E. & Bråten, I. (2013). Student profiles of knowledge and epistemic beliefs: Changes and relations to multiple-text comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.11.003>
- Ferguson, L. E., Bråten, I. & Strømsø, H. I. (2012). Epistemic cognition when students read multiple documents containing conflicting scientific evidence: A think-aloud study. *Learning and Instruction*, 22 (2), 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.08.002>
- Feucht, F. C. & Bendixen, L. D. (2010). Personal epistemology in the classroom: a welcome and guide for the reader. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Hrsg.), *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice* (S. 3–28). Cambridge University Press.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. SAGE Publications Ltd.
- Fischhoff, B. (2013). The sciences of science communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (Suppl. 3), 14033–14039.
- Fischhoff, B. & Scheufele, D. A. (2013). The science of science communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 14031–14032. <https://doi.org/10.1073/pnas.1312080110>
- Flaig, M., Simonsmeier, B. A., Mayer, A.-K., Rosman, T., Gorges, J. & Schneider, M. (2018). Conceptual change and knowledge integration as learning processes in higher education: A latent transition analysis. *Learning and Individual Differences*, 62, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.12.008>
- Flick, U. (2010). Triangulation. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 278–289). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2011). *Triangulation*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flunger, B., Trautwein, U., Nagengast, B., Lüdtke, O., Niggli, A. & Schnyder, I. (2015). The Janus-faced nature of time spent on homework: Using latent profile analyses to predict academic achievement over a school year. *Learning and Instruction*, 39, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.05.008>

- Fuentes-Hernandez, A., Plucain, J., Gori, F., Pena-Miller, R., Reding, C., Jansen, G., Schulenburg, H., Gudelj, I. & Beardmore, R. (2015). Using a sequential regimen to eliminate bacteria at sublethal antibiotic dosages. *PLoS Biology*, 13 (4), e1002104. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002104>
- Fujiwara, T., Laulathaphol, P. & Phillips, B. J. (2012). Thai university students' scientific epistemic beliefs: Relationships with past learning experiences. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 69, 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.398>
- Geiser, C. (2011). *Datenanalyse mit Mplus: Eine anwendungsorientierte Einführung* (2. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen* (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Glowinski, I. & Bayrhuber, H. (2011). Student labs on a university campus as a type of out-of-school learning environment: Assessing the potential to promote students' interest in science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6 (4), 371–392.
- Glug, I. (2009). *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung* (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Grace, M., Woods-Townsend, K., Griffiths, J., Godfrey, K., Hanson, M., Galloway, I., Azaola, M. C., Harman, K., Byrne, J. & Inskip, H. (2012). Developing teenagers' views on their health and the health of their future children. *Health Education*, 112 (6), 543–559. <https://doi.org/10.1108/09654281211275890>
- Greene, J., Azevedo, R. & Torney-Purta, J. (2008). Modeling epistemic and ontological cognition: Philosophical perspectives and methodological directions. *Educational Psychologist* 43 (3), 142–160.
- Greene, J. A., Cartiff, B. M. & Duke, R. F. (2018). A meta-analytic review of the relationship between epistemic cognition and academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 110 (8), 1084–1111. <https://doi.org/10.1037/edu0000263>
- Greene, J. A., Sandoval, W. A. & Bråten, I. (2016). An introduction to epistemic cognition. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 1–15). Routledge.

- Greene, J. A. & Yu, S. B. (2014). Modeling and measuring epistemic cognition: A qualitative re-investigation. *Contemporary Educational Psychology*, 39, 12–28.
- Grenni, P., Ancona, V. & Barra Caracciolo, A. (2018). Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: A review. *Microchemical Journal*, 136, 25–39. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006>
- Grimm, K. J., Mazza, G. L. & Davoudzadeh, P. (2016). Model Selection in Finite Mixture Models: A k -Fold Cross-Validation Approach. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 24 (2), 246–256. <https://doi.org/10.1080/10705511.2016.1250638>
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte- Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Humboldt-Universität, Berlin.
- Güven, G., Sülün, Y. & Çam, A. (2014). The examination of elementary preservice teachers' reflective diaries and epistemological beliefs in science laboratory. *Teaching in Higher Education*, 19 (8), 895–907. <https://doi.org/10.1080/13562517.2014.934350>
- Hammann, M. & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 169–178). Springer Verlag.
- Hammer, D. & Elby, A. (2002). On the form of personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (S. 169–190). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Harari, Y. N. (2015). *Homo Deus*. C. H. Beck.
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor- Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU Journal*, 66 (6), 324–330.
- Haupt, O. J. & Hempelmann, R. (2015). Schülerlabore in Art und Form - Eine Typensache! In LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V. (Hrsg.), *Schülerlabor-Atlas 2015* (S. 14–21). Klett MINT.

- Hendriks, F., Kienhues, D. & Bromme, R. (2015a). Disclose your flaws! Admission positively affects the perceived trustworthiness of an expert science blogger. *Studies in Communication Sciences*, 16 (2), 124–131.
- Hendriks, F., Kienhues, D. & Bromme, R. (2015b). Measuring laypeople's trust in experts in a digital age: The Muenster Epistemic Trustworthiness Inventory (METI). *PloS One*, 10 (10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139309>
- Hendriks, F., Kienhues, D. & Bromme, R. (2016). Trust in science and the science of trust. In B. Blöbaum (Hrsg.), *Trust and communication in a digitized world* (S. 143–159). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28059-2_8
- Hickendorff, M., Edelsbrunner, P. A., McMullen, J., Schneider, M. & Trezise, K. (2018). Informative tools for characterizing individual differences in learning: Latent class, latent profile, and latent transition analysis. *Learning and Individual Differences*, 66, 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.11.001>
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41 (2), 111–127.
- Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 378–405.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Journal of Educational Psychology Review*, 13 (4), 353–383.
- Hofer, B. K. (2004). Epistemological understanding as a metacognitive process: Thinking aloud during online searching. *Educational Psychologist*, 39 (1), 43–55.
- Hofer, B. K. (2006a). Beliefs about knowledge and knowing: Integrating domain specificity and domain generality: A response to Muis, Bendixen, and Haerle (2006). *Educational Psychology Review*, 18 (1).
- Hofer, B. K. (2006b). Domain specificity of personal epistemology: Resolved questions, persistent issues, new models. *International Journal of Educational Research*, 45 (1), 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2006.08.006>
- Hofer, B. K. (2016). Epistemic cognition as a psychological construct. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 19–38). Routledge.

- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67 (1), 88–140.
- Holzberger, D., Praetorius, A.-K., Seidel, T. & Kunter, M. (2019). Identifying effective teachers: The relation between teaching profiles and students' development in achievement and enjoyment. *European Journal of Psychology of Education*, 34 (4), 801–823. <https://doi.org/10.1007/s10212-018-00410-8>
- Homem, V. & Santos, L. (2011). Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices—a review. *Journal of environmental management*, 92 (10), 2304–2347.
- Huang, K., Ge, X. & Eseryel, D. (2017). Metaconceptually-enhanced simulation-based inquiry: Effects on eighth grade students' conceptual change and science epistemic beliefs. *Educational Technology Research and Development*, 65 (1), 75–100. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9462-5>
- Hughes, J. M. (2011). Preserving the lifesaving power of antimicrobial agents. *Jama*, 305 (10), 1027–1028.
- Hull, J. (2012). Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator dysfunction and its treatment. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 105 (2), 2-8. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2012.12s001>
- Imamovic, L., Ellabaan, M. M. H., Dantas Machado, A. M., Citterio, L., Wulff, T., Molin, S., Johansen, H. K. & Sommer, M. O. A. (2018). Drug-driven phenotypic convergence supports rational treatment strategies of chronic infections. *Cell*, 172, 121–134.
- Imamovic, L. & Sommer, M. O.A. (2013). Use of collateral sensitivity networks to design drug cycling protocols that avoid resistance development. *Science Translational Medicine*, 5 (204).
- İnel, D. & Balım, A. G. (2013). Concept cartoons assisted problem based learning method in science and technology teaching and students' views. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 376–380. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.09.206>
- Jacobson, M. J. & Jehng, J. C. (1999). *Epistemological beliefs instrument: Scales and items*. Unveröffentlichtes Manuskript.

- Jahoda, M., Lazarsfeld, P. & Zeisl, H. (1975). *Die Arbeitslosen von Marienthal. Ein soziographischer Versuch über die Wirkungen langandauernder Arbeitslosigkeit* (7. Aufl.). Suhrkamp (Originalarbeit veröffentlicht im Jahr 1933).
- Jansen, G., Barbosa, C. & Schulenburg, H. (2013). Experimental evolution as an efficient tool to dissect adaptive paths to antibiotic resistance. *Drug Resistance Updates: Reviews and Commentaries in Antimicrobial and Anticancer Chemotherapy*, 16 (6), 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.drup.2014.02.002>
- Jansen, G., Mahrt, N., Tueffers, L., Barbosa, C., Harjes, M., Adolph, G., Friedrichs, A., Krenz-Weinreich, A., Rosenstiel, P. & Schulenburg, H. (2016). Association between clinical antibiotic resistance and susceptibility of *Pseudomonas* in the cystic fibrosis lung. *Evolution, Medicine, and Public Health*, 2016 (1), 182–194. <https://doi.org/10.1093/emph/eow016>
- Johnson, K. & Willoughby, S. (2018). Changing epistemological beliefs with nature of science implementations. *Physical Review Physics Education Research*, 14 (1), 56. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010110>
- Justino, C. I., Duarte, K. R., Freitas, A. C., Panteleitchouk, T. S., Duarte, A. C. & Rocha-Santos, T. A. (2016). Contaminants in aquaculture: Overview of analytical techniques for their determination. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 80, 293–310.
- Kalman, C. S., Sobhanzadeh, M., Thompson, R., Ibrahim, A. & Wang, X. (2015). Combination of interventions can change students' epistemological beliefs. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11 (2), 214. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020136>
- Kam, C., Morin, A. J. S., Meyer, J. P. & Topolnytsky, L. (2016). Are commitment profiles stable and predictable? A latent transition analysis. *Journal of Management*, 42 (6), 1462–1490.
- Kammerer, Y. & Strømsø, H. I. (2016). Die Rolle epistemischer Überzeugungen bei der Informationssuche und Informationsbewertung im Internet. In A. K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft: Epistemologische Überzeugungen als Gegenstand psychologischer Forschung* (S. 121–136). Pabst Science Publishers.

- Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P. & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science - a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.04.007>
- Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2018). Wie gelangen antibiotikaresistente Keime in einen Badensee? Folgen der Antibiotikaresistenz verstehen. *Unterricht Biologie*, 42 (439), 27–33.
- Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2020). Den Resistenzen auf der Spur- Außerschulisches Lernen zur Förderung epistemischer Überzeugungen. *MNU Journal*, 73 (1), 36–40.
- Kappel, K. & Holmen, S. J. (2019). Why science communication, and does it work? A taxonomy of science communication aims and a survey of the empirical evidence. *Frontiers in Communication*, 55. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2019.00055>
- Kauertz, A. (2014). Entwicklung eines Rasch-skalierten Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 341–353). Springer Verlag.
- Kelle, U. (2008). *Die Integration qualitativer und quantitativer Methoden in der empirischen Sozialforschung. Theoretische Grundlagen und methodologische Konzepte* (2. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kemper, N. (2008). Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecological indicators*, 8 (1), 1–13.
- Keogh, B., Naylor, S. & Wilson, C. (1998). Concept cartoons: a new perspective on physics education. *Physics Education*, 33 (4), 219–224.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 431–446. <https://doi.org/10.1080/095006999290642>
- Kienhues, D. (2016). Heute hier, morgen dort: Die kurzfristige Beeinflussbarkeit epistemischer Kognition. In A. K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft: Epistemologische Überzeugungen als Gegenstand psychologischer Forschung* (S. 157–172). Pabst Science Publishers.

- Kienhues, D. & Bromme, R. (2012). Exploring laypeople's epistemic beliefs about medicine - a factor-analytic survey study. *BioMed Central Public Health*, 12, 759. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-759>
- Kienhues, D., Bromme, R. & Stahl, E. (2008). Changing epistemological beliefs: the unexpected impact of a short-term intervention. *British Journal of Educational Psychology*, 78 (4), 545–565. <https://doi.org/10.1348/000709907X268589>
- Kienhues, D., Ferguson, L. E. & Stahl, E. (2016). Diverging information and epistemic change. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of Epistemic Cognition* (S. 318–330). Routledge.
- Kienhues, D., Stadtler, M. & Bromme, R. (2011). Dealing with conflicting or consistent medical information on the web: When expert information breeds laypersons' doubts about experts. *Learning and Instruction*, 21 (2), 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.02.004>
- Kim, S., Lieberman, T. D. & Kishony, R. (2014). Alternating antibiotic treatments constrain evolutionary paths to multidrug resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111 (40), 14494–14499. <https://doi.org/10.1073/pnas.1409800111>
- King, P. M. & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgement: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults*. Jossey Bass.
- Kitchener, R. F. (2002). Folk epistemology: an introduction. *New Ideas in Psychology*, 20, 89–105.
- Klopp, E. & Stark, R. (2016). Persönliche Epistemologien- Elemente wissenschaftlicher Kompetenz. In A. K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft: Epistemologische Überzeugungen als Gegenstand psychologischer Forschung* (S. 39–69). Pabst Science Publishers.
- Knogler, M., Harackiewicz, J. M., Gegenfurtner, A. & Lewalter, D. (2015). How situational is situational interest? Investigating the longitudinal structure of situational interest. *Contemporary Educational Psychology*, 43, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.08.004>

- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III: Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn*. Leske + Budrich.
- Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K. U. & Baumert, J. (2000). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14 (1), 26–37.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38 (5), 747–770.
- Krapp, A. (2002a). An educational-psychological theory of interest and its relation to selfdetermination theory. In E. L. Deci & R. M. Ryan (Hrsg.), *The handbook of self-determination research* (S. 405–427). University of Rochester Press.
- Krapp, A. (2002b). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12 (4), 383–409.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 27–50.
- Kremer, K. & Kapitza, M. (2020). Untersuchung von epistemischen Überzeugungen im Schülerlabor – Möglichkeiten und Herausforderungen. In K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.), *Handbuch Forschen im Schülerlabor – Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete* (S. 79–90). Waxmann.
- Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 77–101.
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133–145). Springer Verlag.

- Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer Verlag.
- Kuckartz, U., Dresing, T., Rädiker, S. & Stefer, C. (2007). *Qualitative Evaluation: Der Einstieg in die Praxis*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge University Press.
- Kuhn, D., Cheney, R. & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, 15, 309–328.
- Kuhn, D. & Weinstock, M. (2002). What is epistemological thinking and why does it matter? In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (S. 121–144). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kümmerer, K. (2003). Significance of antibiotics in the environment. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 52 (1), 5–7.
- Künsting, J. (2007). *Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Essen.
- Laherto, A., Tirre, F., Parchmann, I., Kampschulte, L. & Schwarzer, S. (2018). Scientists perceptions on the nature of nanoscience and its public communication. *Problems of education in the 21st century*, 76 (1).
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33 (1), 159–174.
- Langheinrich, J. (2015). *eLearning-gestützter Unterricht am außerschulischen Lernort Labor: Schülervorstellungen und kognitives Lernen* (Dissertation). Universität Bayreuth, Bayreuth.
- Lázár, V., Nagy, I., Spohn, R., Csörgő, B., Györkei, Á., Nyerges, Á., Horváth, B., Vörös, A., Busa-Fekete, R., Hrtyan, M., Bogos, B., Méhi, O., Fekete, G., Szappanos, B., Kégl, B., Papp, B. & Pál, C. (2014). Genome-wide analysis captures the determinants of the antibiotic cross-resistance interaction network. *Nature Communications*, 5, 4352. <https://doi.org/10.1038/ncomms5352>

- Lázár, V., Pal Singh, G., Spohn, R., Nagy, I., Horváth, B., Hrtyan, M., Busa-Fekete, R., Bogos, B., Méhi, O., Csörgő, B., Pósfai, G., Fekete, G., Szappanos, B., Kégl, B., Papp, B. & Pál, C. (2013). Bacterial evolution of antibiotic hypersensitivity. *Molecular Systems Biology*, 9, 700. <https://doi.org/10.1038/msb.2013.57>
- LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V. (2019). Schülerlabor-Atlas. <https://www.schuelerlabor-atlas.de/home/LabListe>
- Levy, S. B. (1998). The challenge of antibiotic resistance: Certain bacterial infections now defy all antibiotics. The resistance problem may be reversible, but only if society begins to consider how the drugs affect "good" bacteria as well as "bad". *Scientific American*, 278 (3), 46–53. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0398-46>
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Beltz.
- Limón, M. (2006). The domain generality–specificity of epistemological beliefs: A theoretical problem, a methodological problem or both? *International Journal of Educational Research*, 45, 7–27.
- Linacre, J. M. (2017). *Winsteps Rasch software program* (Version 4.0.1). Winsteps.com.
- Louca, L., Elby, A., Hammer, D. & Kagey, T. (2004). Epistemological resources: Applying a new epistemological framework to science instruction. *Educational Psychologist*, 39 (1), 57–68. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901_6
- Lyczak, J. B., Cannon, C. L. & Pier, G. B. (2002). Lung infections associated with cystic fibrosis. *Clinical Microbiology Reviews*, 15 (2), 194–222. <https://doi.org/10.1128/CMR.15.2.194-222.2002>
- Lyman, F. (1981). The Responsive Classroom Discussion: The inclusion of all students. In A. S. Anderson (Hrsg.), *Mainstreaming digest*. University of Maryland Press.
- Marsh, H. W., Lüdtke, O., Trautwein, U. & Morin, A. J.S. (2009). Classical latent profile analysis of academic self-concept dimensions: Synergy of person- and variable-centered approaches to theoretical models of self-concept. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 16 (2), 191–225. <https://doi.org/10.1080/10705510902751010>
- Martinez, J. L. (2009). Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environmental Pollution*, 157 (11), 2893–2902. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.051>

- Mason, L. (2016). Psychological perspectives on measuring epistemic cognition. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 375–392). Routledge.
- Mason, L., Ariasi, N. & Boldrin, A. (2011). Epistemic beliefs in action: Spontaneous reflections about knowledge and knowing during online information searching and their influence on learning. *Learning and Instruction*, 21 (1), 137–151. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.01.001>
- Mason, L., Boldrin, A. & Ariasi, N. (2010). Epistemic metacognition in context: Evaluating and learning online information. *Metacognition and Learning*, 5 (1), 67–90. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9048-2>
- Mason, L. & Boscolo, P. (2004). Role of epistemological understanding and interest in interpreting a controversy and in topic-specific belief change. *Contemporary Educational Psychology*, 29 (2), 103–128.
- Mason, L., Boscolo, P., Tornatora, M. C. & Ronconi, L. (2013). Besides knowledge: a cross-sectional study on the relations between epistemic beliefs, achievement goals, self-beliefs, and achievement in science. *Instructional Science*, 41 (1), 49–79.
- Mason, L. & Bromme, R. (2010). Situating and relating epistemological beliefs into metacognition: Studies on beliefs about knowledge and knowing. *Metacognition Learning*, 5 (1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9050-8>
- Mason, L., Gava, M. & Boldrin, A. (2008). On warm conceptual change: The interplay of text, epistemological beliefs, and topic interest. *Journal of Educational Psychology*, 100 (2), 291.
- Mason, L. & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. *Learning and Instruction*, 16 (5), 492–509. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.007>
- Mayer, A. K. & Rosman, T. (2016). Epistemologische Überzeugungen und Wissenserwerb in akademischen Kontexten. In A. K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft: Epistemologische Überzeugungen als Gegenstand psychologischer Forschung* (S. 7–23). Pabst Science Publishers.

- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13 (2), 125–139. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00016-6)
- Mayring, P. (2001). Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum Qualitative Social Research*, 2 (1).
- McKenney, S. E. & Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational research design: what, why and how*. Taylor & Francis.
- McKinnon, M. & Vos, J. (2015). Engagement as a threshold concept for science education and science communication. *International Journal of Science Education, Part B*, 5 (4), 297–318. <https://doi.org/10.1080/21548455.2014.986770>
- Michel, H. & Neumann, I. (2016). Nature of science and science content learning. *Science & Education*, 25 (9-10), 951–975. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9860-4>
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85 (3), 424–436.
- Molden, D. C. & Dweck, C. S. (2006). Finding "meaning" in psychology: A lay theories approach to self-regulation, social perception, and social development. *The American Psychologist*, 61 (3), 192–203. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.61.3.192>
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl.). Springer Verlag.
- Muis, K. R., Bendixen, L. D. & Haerle, F. C. (2006). Domain-generalizability and domain-specificity in personal epistemology research: Philosophical and empirical reflections in the development of a theoretical framework. *Educational Psychology Review*, 18 (1), 3–54. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9003-6>
- Muis, K. R. & Duffy, M. C. (2013). Epistemic climate and epistemic change: Instruction designed to change students' beliefs and learning strategies and improve achievement. *Journal of Educational Psychology*, 105 (1), 213–225.
- Muis, K. R. & Foy, M. J. (2010). The effects of teachers' beliefs on elementary students' beliefs, motivation, and achievement in mathematics. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Hrsg.), *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice* (S. 435–469). Cambridge University Press.

- Muis, K. R., Trevors, G. & Chevrier, M. (2016). Epistemic climate for epistemic change. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 331–359). Routledge.
- Murphy, P. K. & Alexander, P. A. (2016). Interrogating the relation between conceptual change and epistemic beliefs. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 439–459). Routledge.
- Mutschler, E., Geisslinger, G., Kroemer, H. K., Menzel, S. & Ruth, P. (2012). *Mutschler Arzneimittelwirkungen: Pharmakologie, Klinische Pharmakologie, Toxikologie* (10. Aufl.). Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.
- Nachtigall, C. & Wirtz, M. (Hrsg.) (2013). *Wahrscheinlichkeitsrechnung und Inferenzstatistik: Statistische Methoden für Psychologen Teil 2* (6. Aufl.). Juventa.
- Nadelson, L., Jorczyk, C., Yang, D., Jarratt Smith Mary, Matson, S., Cornell, K. & Husting, V. (2014). I just dont trust them: The development and validation of an assessment instrument to measure trust in science and scientists. *School Science and Mathematics*, 114 (2), 76–86.
- Nadelson, L. S. & Hardy, K. K. (2015). Trust in science and scientists and the acceptance of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12052-015-0037-4>
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). (2002). *Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals—Second Edition: Approved Standard M31-A2*. Villanova, PA, USA.
- Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2017). *Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Universität: Bedeutung und Perspektiven*. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. Nationale Akademie der Wissenschaften.
- Naylor, S., Keogh, B. & Downing, B. (2007). Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, 37 (1), 17–39. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9002-5>
- Naylor, S. & Keogh, B. (1999). Constructivism in classroom: Theory into practice. *Journal of Science Teacher Education*, 10 (2), 93-106.
- Naylor, S. & Keogh, B. (2013). Concept cartoons: What have we learnt?. *Journal of Turkish Science Education*, 10 (1), 3-11.

- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen- Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Neumann, K. (2014). Rasch-Analyse naturwissenschaftsbezogener Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 355–369). Springer Verlag.
- Nichol, D., Rutter, J., Bryant, C., Hujer, A. M., Lek, S., Adams, M. D., Jeavons, P., Anderson, A. R. A., Bonomo, R. A. & Scott, J. G. (2019). Antibiotic collateral sensitivity is contingent on the repeatability of evolution. *Nature Communications*, 10 (1), 334. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08098-6>
- Nisbet, M. C. & Scheufele, D. A. (2009). What's next for science communication? Promising directions and lingering distractions. *American Journal of Botany*, 96 (10), 1767–1778.
- Nylund, K. L., Asparouhov, T. & Muthén, B. O. (2007). Deciding on the number of classes in latent class analysis and growth mixture modeling: A Monte Carlo simulation study. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 14 (4), 535–569. <https://doi.org/10.1080/10705510701575396>
- Nylund, K. L. (2007). *Latent transition analysis: Modeling extensions and an application to peer victimization* (Dissertation). University of California, Los Angeles.
- O'Neill, J. (2014). Antimicrobial resistance: tackling a crisis for the health and wealth of nations. *The Review on Antimicrobial Resistance*, 20.
- Orion, N. & Hofstein, A. (1991). The measurement of students' attitudes towards scientific field trips. *Science Education*, 75 (5), 513–523.
- Orion, N. & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (10), 1097–1119.
- Oz, T., Guvenek, A., Yildiz, S., Karaboga, E., Tamer, Y. T., Mumcuyan, N., Ozan, V. B., Senturk, G. H., Cokol, M., Yeh, P. & Toprak, E. (2014). Strength of selection pressure is an important parameter contributing to the complexity of antibiotic resistance evolution. *Molecular Biology and Evolution*, 31 (9), 2387–2401. <https://doi.org/10.1093/molbev/msu191>

- Pastor, D. A., Barron, K. E., Miller, B. J. & Davis, S. L. (2007). A latent profile analysis of college students' achievement goal orientation. *Contemporary Educational Psychology*, 32 (1), 8–47. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2006.10.003>
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe* (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Perry, W. G. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in college years: A scheme*. Holt, Rinehart, and Winston.
- Phillips, I., Casewell, M., Cox, T., Groot, B. de, Friis, C., Jones, R., Nightingale, C., Preston, R. & Waddell, J. (2004). Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 53 (1), 28–52. <https://doi.org/10.1093/jac/dkg483>
- Phipps, M. (2010). Research trends and findings from a decade (1997–2007) of research on informal science education and free-choice science learning. *Visitor Studies*, 13, 3–22.
- Podnecky, N. L., Fredheim, E. G. A., Kloos, J., Sørum, V., Primicerio, R., Roberts, A. P., Rozen, D. E., Samuelsen, Ø. & Johnsen, P. J. (2018). Conserved collateral antibiotic susceptibility networks in diverse clinical strains of *Escherichia coli*. *Nature Communications*, 9 (1), 3673. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06143-y>
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren zur Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Qian, D. E. & Alvermann, G. (2000). Relationship between epistemological beliefs and conceptual change learning. *Reading & Writing Quarterly*, 16 (1), 59–74. <https://doi.org/10.1080/105735600278060>
- Rakoczy, K., Buff, A. & Lipowsky, F. (2005). Befragungsinstrumente. In E. Klieme & C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis", Teil, 1*.
- Rasch, B., Frieze, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 2: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Springer Verlag.

- Retzbach, A., Marschall, J., Rahnke, M., Otto, L. & Maier, M. (2011). Public understanding of science and the perception of nanotechnology: The roles of interest in science, methodological knowledge, epistemological beliefs, and beliefs about science. *Journal of Nanoparticle Research*, 13 (12), 6231–6244. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0582-x>
- Riordan, J. R., Rommens, J. M., Kerem, B. S., Alon, N., Rozmahel, R., Grzelczak, Z., Zielenski, J., Lok, S., Plavsic, N., Chou, J. L., Drumm, M. L., Iannuzzi, M. C., Collins, F. S. & Tsui, L. C. (1989). Identification of the cystic fibrosis gene: cloning and characterization of complementary DNA. *Science*, 245 (4922), 1066–1073.
- Roemhild, R., Barbosa, C., Beardmore, R. E., Jansen, G. & Schulenburg, H. (2015). Temporal variation in antibiotic environments slows down resistance evolution in pathogenic *Pseudomonas aeruginosa*. *Evolutionary Applications*, 8 (10), 945–955. <https://doi.org/10.1111/eva.12330>
- Roemhild, R. & Schulenburg, H. (2019). Evolutionary ecology meets the antibiotic crisis: Can we control pathogen adaptation through sequential therapy?. *Evolution, medicine, and public health*, 2019, 37–45.
- Roessler, I., Duong, S. & Hachmeister, C.-D. (2015). *Welche Missionen haben Hochschulen? - Third Mission als Leistung der Fachhochschulen für die und mit der Gesellschaft*. Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH.
- Roethlisberger, F. J. & Dickson, W. J. (1939). *Management and the worker*. Harvard university press.
- Rosman, T. (2016). Beeinflussung epistemologischer Überzeugungen von Psychologiestudierenden: Eine feldexperimentelle Evaluationsstudie. In A. K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft: Epistemologische Überzeugungen als Gegenstand psychologischer Forschung* (S. 173–190). Pabst Science Publishers.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion* (2. Aufl.). Huber.
- Rule, D. C. & Bendixen, L. D. (2010). The integrative model of personal epistemology development: theoretical underpinnings and implications for education. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Hrsg.), *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice* (S. 94–123). Cambridge University Press.

- Scharfenberg, F. J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse* (Dissertation). Universität Bayreuth, Bayreuth.
- Scharfenberg, F. J. & Bogner, F. X. (2015). Empirische Analyse: Leistung zählt! In LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V. (Hrsg.), *Schülerlabor-Atlas 2015* (S. 24–31). Klett MINT.
- Scheiter, K., Gerjets, P., Vollmann, B. & Catrambone, R. (2009). The impact of learner characteristics on information utilization strategies, cognitive load experienced, and performance in hypermedia learning. *Learning and Instruction, 19* (5), 387–401. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.004>
- Schermelleh-Engel, K. & Moosbrugger, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online, 8* (2), 23–74.
- Schmidt, I., Di Fuccia, D. S. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte: Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *MNU Journal, 64* (6), 362–369.
- Schneider, M. & Hardy, I. (2013). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology, 49* (9), 1639–1649. <https://doi.org/10.1037/a0030976>
- Schommer, M. (1993). Epistemological development and academic performance among secondary students. *Journal of Educational Psychology, 85*, 406–411.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology, 82*, 498–504.
- Schommer, M., Crouse, A. & Rhodes, N. (1992). Epistemological beliefs and mathematical text comprehension: Believing it is simple does not make it so. *Journal of Educational Psychology, 84* (4), 435.
- Schommer-Aikins, M. (2004). A systematic approach to the conceptualization and study of epistemological beliefs: When researchers coordinate and cooperate. *Educational Psychologist, 39*, 19–30.
- Schraw, G. (2001). Current themes and future directions in epistemological research: A commentary. *Educational Psychology Review, 13* (4), 451–464.

- Schraw, G., Dunkle, M. E. & Bendixen, L. D. (1995). Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, 9 (6), 523–538.
- Schreier, M. & Odağ, Ö. (2010). Mixed Methods. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 263–277). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schulz, P. J. & Nakamoto, K. (2012). The concept of health literacy. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.), *Science/Environment/Health: Towards a renewed pedagogy for science education* (S. 69–84). Springer Verlag.
- Schwarz, C. (2013). Arzneimitteltherapie der zystischen Fibrose (Mukoviszidose). *Arzneimitteltherapie*, 31 (4), 80–88.
- Schwarz, C., Schulte-Hubbert, B., Bend, J., Abele-Horn, M., Baumann, I., Bremer, W., Brunsmann, F., Dieninghoff, D., Eickmeier, O., Ellemunter, H., , Grosse-Onnebrink, J., Hammerman, J., Hebestreit, H., Hogardt, M., Hügel, C., Hug, M., Illing, S., Jung, A., Kahl, B. ... & Fischer, R. (2018). S3-Leitlinie: Lungenerkrankung bei Mukoviszidose–Modul 2: Diagnostik und Therapie bei der chronischen Infektion mit *Pseudomonas aeruginosa*. *Pneumologie*, 72 (05), 347–392.
- Sedlmeier, P. & Renkewitz, F. (2008). *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie*. Pearson Studium.
- Seidel, T., Kobarg, M. & Rimmele, R. (2003). Aufbereitung der Videodaten. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"* (S. 77–98).
- Sexton, M. (2010). Using concept cartoons to access student beliefs about preferred approaches to mathematics learning and teaching. In L. Sparrow, B. Kissane & C. Hurst (Hrsg.), *Shaping the future of mathematics education: Proceedings of the 33rd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (S. 515–522). Mathematics Education Research Group of Australasia.
- Sherrard, L. J., Tunney, M. M. & Elborn, J. S. (2014). Antimicrobial resistance in the respiratory microbiota of people with cystic fibrosis. *The Lancet*, 384, 703–713.
- Sinatra, G. M. (2016). Thoughts on knowledge about thinking about knowledge. In J. A. Greene, W. A. Sandoval & I. Bråten (Hrsg.), *Handbook of epistemic cognition* (S. 479–491). Routledge.

- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18 (3), 349–422. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1803_3
- Southerland, S. A., Sinatra, G. M. & Matthews, M. R. (2001). Belief, knowledge, and science education. *Educational Psychology Review*, 13 (4), 325–351.
- Stahl, E. & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. *Learning and Instruction*, 17 (6), 773–785. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.016>
- Stamer, I., Beiroth, F., Schwarzer, S., Hartke, B., Lindhorst, T. K. & Parchmann, I. (2018). Blick in die Zukunft: Computersimulationen ergänzen die Heranführung von Schülerinnen und Schülern an naturwissenschaftliche Arbeitsweisen. *CHEMKON*, 25 (7), 285–292. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800001>
- Stamer, I., Pönicke, H., Tirre, F., Laherto, A., Höffler, T., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2019). Development & validation of scientific video vignettes to promote perception of authentic science in student laboratories. *Research in Science & Technological Education*, 16 (90), 1–17. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1600491>
- Stathopoulou, C. & Vosniadou, S. (2007). Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology*, 32 (3), 255–281.
- Stephenson, P. & Warwick, P. (2002). Using concept cartoons to support progression in students' understanding of light. *Physics Education*, 37 (2), 135–141.
- Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (1999). *Memorandum "Dialog Wissenschaft und Gesellschaft"*.
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories* (Dissertation). Technische Universität, Dresden.
- Strømsø, H. I., Bråten, I. & Britt, M. A. (2011). Do students' beliefs about knowledge and knowing predict their judgement of texts' trustworthiness? *Educational Psychology*, 31 (2), 177–206. <https://doi.org/10.1080/01443410.2010.538039>

- Suldozsky, B. (2016). In science communication, why does the idea of the public deficit always return? Exploring key influences. *Public Understanding of Science*, 25 (4), 415–426. <https://doi.org/10.1177/0963662516629750>
- Szybalski, W. & Bryson, V. (1952). Genetic Studies on microbial cross resistance to toxic agents I.: Cross Resistance of Escherichia Coli to Fifteen Antibiotics. *Journal of Bacteriology*, 64, 489–499.
- Taşlıdere, E. (2013). The Effect of Concept Cartoon Worksheets on Students Conceptual Understandings of Geometrical Optics. *Education & Science*, 38 (167).
- Taylor, N. G. H., Verner-Jeffreys, D. W. & Baker-Austin, C. (2011). Aquatic systems: maintaining, mixing and mobilising antimicrobial resistance? *Trends in Ecology & Evolution*, 26 (6), 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.004>
- The European Committee on Antimicrobial Susceptibility testing (2015). Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Eucast. <http://www.eucast.org/>
- Tirre, F., Kampschulte, L., Thoma, G.-B., Höffler, T. & Parchmann, I. (2018). Design of a student lab program for nanoscience and technology – an intervention study on students’ perceptions of the nature of science, the nature of scientists and the nature of scientific inquiry. *Research in Science & Technological Education*, 37 (4), 393–418. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1551201>
- Trautwein, U. & Lüdtke, O. (2007). Epistemological beliefs, school achievement, and college major: A large-scale longitudinal study on the impact of certainty beliefs. *Contemporary Educational Psychology*, 32 (3), 348–366. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.11.003>
- Trevors, G. J., Kendeou, P., Bråten, I. & Braasch, J. L.G. (2017). Adolescents’ epistemic profiles in the service of knowledge revision. *Contemporary Educational Psychology*, 49, 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.01.005>
- Tsybulsky, D. (2019). Students meet authentic science: The valence and foci of experiences reported by high-school biology students regarding their participation in a science outreach programme. *International Journal of Science Education*, 41 (5), 567–585. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1570380>

- Tuominen-Soini, H., Salmela-Aro, K. & Niemivirta, M. (2011). Stability and change in achievement goal orientations: A person-centered approach. *Contemporary Educational Psychology*, 36, 82–100.
- Tyers, M. & Wright, G. D. (2019). Drug combinations: A strategy to extend the life of antibiotics in the 21st century. *Nature Reviews Microbiology*, 17 (3), 141–155. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0141-x>
- Upmeyer zu Belzen, A. & Vogt, H. (2001). Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern – Theoretische Basis der Längsschnittstudie PEIG. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen*, 10, 17-31.
- Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 71–87.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 71-93.
- Varner, J. (2014). Scientific Outreach: Toward Effective Public Engagement with Biological Science. *BioScience*, 64 (4), 333–340. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu021>
- Webb, E., Campbell, D., Schwartz, R. & Sechrest, L. (1966). *Unobtrusive measures: Nonreactive research in the social sciences*. Rand McNally.
- Wein, T., Hülter, N. F., Mizrahi, I. & Dagan, T. (2019). Emergence of plasmid stability under non-selective conditions maintains antibiotic resistance. *Nature Communications*, 10 (1), 2595. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10600-7>
- Wellnitz, N. (2012). *Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Logos Verlag.
- Wentorf, W., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 207–222. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0035-7>

- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten* (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45.
- Winstanley, C., O'Brien, S. & Brockhurst, M. A. (2016). *Pseudomonas aeruginosa* evolutionary adaptation and diversification in cystic fibrosis chronic lung infections. *Trends in Microbiology*, 24 (5), 327–337. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.01.008>
- Wissenschaftsrat (2016). *Wissens- und Technologietransfer als Gegenstand institutioneller Strategien* (Positionspapier (Drs. 5665-16)).
- Wistrand-Yuen, E., Knopp, M., Hjort, K., Koskiniemi, S., Berg, O. G. & Andersson, D. I. (2018). Evolution of high-level resistance during low-level antibiotic exposure. *Nature Communications*, 9 (1), 1599. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04059-1>
- Wood, P. & Kardash, C. (2002). Critical elements in the design and analysis of studies of epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (S. 231–260). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Woods, R. J. & Read, A. F. (2015). Clinical management of resistance evolution in a bacterial infection: A case study. *Evolution, medicine, and public health*, 1, 281–288.
- Woods-Townsend, K., Leat, H., Bay, J., Bagust, L., Davey, H., Lovelock, D., Christodoulou, A., Griffiths, J., Grace, M., Godfrey, K., Hanson, K. & Inskip, H. (2018). LifeLab Southampton: A programme to engage adolescents with DOHaD concepts as a tool for increasing health literacy in teenagers -a pilot cluster-randomized control trial. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 9 (5), 475–480. <https://doi.org/10.1017/S2040174418000429>
- Woods-Townsend, K., Christodoulou, A., Rietdijk, W., Byrne, J., Griffiths, J. B. & Grace, M. M. (2015). Meet the scientist: The value of short interactions between scientists and students. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 6 (1), 89–113. <https://doi.org/10.1080/21548455.2015.1016134>
- World Health Organization (WHO) (2014). *Antimicrobial resistance- global report on surveillance*.

- World Health Organization (WHO) (2015). *Worldwide country situation analysis: Response to antimicrobial resistance*. Geneva.
- Wright, B. D. (2003). Rack and Stack: Time 1 vs. Time 2 or Pre-Test vs. Post-Test. *Rasch Measurement Transactions*, 17 (1), 905–906.
- Yen, P. & Papin, J. A. (2017). History of antibiotic adaptation influences microbial evolutionary dynamics during subsequent treatment. *PLoS Biology*, 15 (8), e2001586. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001586>
- Yoshida, M., Reyes, S. G., Tsuda, S., Horinouchi, T., Furusawa, C. & Cronin, L. (2017). Time-programmable drug dosing allows the manipulation, suppression and reversal of antibiotic drug resistance in vitro. *Nature Communications*, 8, 15589. <https://doi.org/10.1038/ncomms15589>
- Zeyer, A. (2012). A win-win situation for health and science education: Seeing through the lens of a new framework model of health literacy. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.), *Science/Environment/Health: Towards a renewed pedagogy for science education* (S. 147–173). Springer Verlag.
- Zeyer, A., Keselman, A. & Levin, D. (2015). For the mutual benefit: Health information provision in a science classroom. In C. A. Smith & A. Keselman (Hrsg.), *Meeting health information needs outside of healthcare: Opportunities and challenges* (S. 235-261). Chandos Publishing.
- Zeyer, A. & Odermatt, F. (2009). Gesundheitskompetenz (Health Literacy): Bindeglied zwischen Gesundheitsbildung und naturwissenschaftlichem Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 265–285.
- Zomer, A. & Benneworth, P. (2011). The rise of the university's third mission. In J. Enders, H. F. de Boer & D. Westerheijden (Hrsg.), *Reform of higher education in Europe* (S. 81–101). Sense Publishers.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur epistemischer Überzeugungen	19
Abbildung 2: Modell über den Einfluss epistemischer Theorien auf das Lernen im Unterricht (Hofer, 2001; übersetzt nach Urhahne und Hopf (2004)).	21
Abbildung 3: Das TIDE-Modell (<i>Theory of Integrated Domains in Epistemology</i>), übersetzt und verändert nach Muis et al. (2006).	28
Abbildung 4: Das <i>Integrative Model of Personal Epistemology Development</i> (IM), verändert nach Bendixen und Rule (2004) bzw. Rule und Bendixen (2010).	31
Abbildung 5: Aufbau der Arbeit.	53
Abbildung 6: Ökologische Zusammenhänge der Antibiotika (verändert und durch die Grafikabteilung am IPN nachgezeichnet nach Andersson und Hughes (2014)).	68
Abbildung 7: Ein Ausschnitt aus dem Einführungsfilm.	76
Abbildung 8: Ein Einblick in den mikrobiologischen Methodenkurs.	77
Abbildung 9: Ein Ausschnitt aus der Behandlung mit dem digitalen Behandlungstool.	77
Abbildung 10: Ein Einblick in das digitale Behandlungstool.	78
Abbildung 11: Ein Einblick in die Diskussion mit Dr. Leif Tüffers.	80
Abbildung 12: Der <i>Concept Cartoon</i> zur Dimension Entwicklung des Wissens.	82
Abbildung 13: Übersicht der Durchführung der Interventionsstudie.	87
Abbildung 14: Concept Cartoons zu den vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen.	95
Abbildung 15: <i>Person-Item-Map</i> für die Fachwissensitems.	129
Abbildung 16: Boxplots bezüglich des Fachwissens in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten.	132
Abbildung 17: Boxplots bezüglich des individuellen Interesses in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten.	134
Abbildung 18: Boxplots bezüglich des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten.	136
Abbildung 19: Boxplots bezüglich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung in den beiden Interventionsgruppen nach dem Projekttag.	137
Abbildung 20: Boxplots bezüglich der Dimensionen epistemischer Überzeugungen in den drei Gruppen an den drei Messzeitpunkten.	139
Abbildung 21: Prozentuale Häufigkeiten der <i>Concept Cartoon</i> - Kategorien.	141

Abbildung 22: Vergleich der Einordnung der Lernenden hinsichtlich ihrer epistemischen Überzeugungen mittels Fragebogen und Concept Cartoons.....	143
Abbildung 23: Boxplots für die identifizierten Profile pro Messzeitpunkt.	149
Abbildung 24: Wahrscheinlichkeiten für Profilwechsel im Verlauf der Interventionsstudie in der Gesamtstichprobe.	157
Abbildung 25: Prozentuale Häufigkeiten der Profilwechsel im Verlauf der Interventionsstudie in der Kontrollgruppe und den Interventionsgruppen.....	159

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Interventionsstudien (mit indirekter Konfrontation mit konfligierenden Informationen) im Bereich Naturwissenschaft mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I und II als Zielgruppe.	34
Tabelle 2: Übersicht der Studien mit einem personenzentrierten Ansatz zur Untersuchung epistemischer Überzeugungen (EBs).	45
Tabelle 3: Übersicht der eingesetzten Instrumente.	92
Tabelle 4: Richtlinien für die Parameter zur Beurteilung des Modellfits bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse.	99
Tabelle 5: Übersicht über das Stacking der Stichproben zu den drei Messzeitpunkten.	102
Tabelle 6: Interpretation des Effektstärkenmaßes η^2 nach Cohen (1988) (Bühner & Ziegler, 2009).	107
Tabelle 7: Interpretation von Cohens Kappa nach Landis und Koch (1977, S. 165), Übersetzung nach Arnold (2015).	118
Tabelle 8: Interrater-Übereinstimmung für die Codierung der Antworten zu den <i>Concept Cartoons</i>	118
Tabelle 9: Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse für das Instrument zur Erfassung epistemischer Überzeugungen.	122
Tabelle 10: Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalysen für die Instrumente zur Erfassung des individuellen Interesses an Biomedizin, des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen) sowie des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.	123
Tabelle 11: Reliabilität der Subskalen des Instruments zur Erfassung epistemischer Überzeugungen.	123
Tabelle 12: Reliabilität der Instrumente zur Erfassung des individuellen Interesses an Biomedizin, des Vertrauens in die Wissenschaft(ler/innen), des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.	124
Tabelle 13: Reliabilitätswerte für Items und Personen bezüglich des Fachwissenstests.	125
Tabelle 14: Separationswerte für Items und Personen bezüglich des Fachwissenstests.	125

Tabelle 15: Infit- und Outfit-Werte für die Fachwissensitems.....	126
Tabelle 16: Trennschärfe der Fachwissensitems.	127
Tabelle 17: Wechsel (in %) der <i>Concept Cartoon</i> -Kategorie in der Dimension Sicherheit (<i>n</i> = 74).....	145
Tabelle 18: Wechsel (in %) der <i>Concept Cartoon</i> -Kategorie in der Dimension Entwicklung (<i>n</i> = 93).....	145
Tabelle 19: Wechsel (in %) der <i>Concept Cartoon</i> -Kategorie in der Dimension Quelle (<i>n</i> = 94).....	145
Tabelle 20: Wechsel (in %) der <i>Concept Cartoon</i> -Kategorie in der Dimension Rechtfertigung (<i>n</i> = 83).	145
Tabelle 21: Ergebnisse der latenten Profilanalysen für verschiedene Klassenlösungen pro Messzeitpunkt.....	147
Tabelle 22: Mittelwerte und Standardabweichungen [<i>M</i> (<i>SD</i>)] der Profile pro Zeitpunkt in den jeweiligen Dimensionen epistemischer Überzeugungen.....	150
Tabelle 23: Mittelwerte der Profile zum Prä-Zeitpunkt hinsichtlich lernprozessrelevanter Konstrukte.....	151
Tabelle 24: Mittelwerte der Profile zum Post-Zeitpunkt hinsichtlich lernprozessrelevanter Konstrukte.....	152
Tabelle 25: Mittelwerte der Profile zum Follow-Zeitpunkt hinsichtlich lernprozessrelevanter Konstrukte.....	153
Tabelle 26: Übersicht der absoluten und relativen Häufigkeiten der in der Gesamtstichprobe aufgetretenen Pfade in der Kontrollgruppe sowie den beiden Interventionsgruppen.	158
Tabelle 27: Bivariate Korrelationen zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem fachlichen Vorwissen in der Gesamtstichprobe zum Prä-Messzeitpunkt.....	161
Tabelle 28: Bivariate Korrelationen zwischen den Dimensionen epistemischer Überzeugungen und dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem Fachwissen in den Profilen zum Prä-Messzeitpunkt.....	162
Tabelle 29: Mittelwertsunterschiede der Prä-Profile im individuellen Interesse an Biomedizin, im Vertrauen sowie im Fachwissen am Post-Zeitpunkt.....	164

Tabelle 30: Mittelwerte (<i>MW</i>) und Standardabweichungen (<i>SD</i>) im Fachwissen, dem individuellen Interesse und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) zu den drei Messzeitpunkten.....	287
Tabelle 31: Mittelwerte (<i>MW</i>) und Standardabweichungen (<i>SD</i>) der Interventionsgruppen hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.	287
Tabelle 32: Mittelwerte (<i>MW</i>) und Standardabweichungen (<i>SD</i>) der vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen zu den drei Messzeitpunkten.	288
Tabelle 33: Übersicht der absoluten und relativen Häufigkeiten der (nicht) aufgetretenen Pfade.....	289
Tabelle 34: Bivariate Korrelationen zwischen dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem Fachwissen in der Gesamtstichprobe zum Prä-Messzeitpunkt...	290
Tabelle 35: Interkorrelationen der epistemischen Überzeugungen zum Prä-Messzeitpunkt.....	290
Tabelle 36: Interkorrelationen der epistemischen Überzeugungen zum Post-Messzeitpunkt.....	290
Tabelle 37: Interkorrelationen der epistemischen Überzeugungen zum Follow-up-Messzeitpunkt.....	290

X ANHANG

Anhang A: Link zu den Materialien



Das Resistenzen auf der Spur

START UNTERRICHTSMATERIALIEN BILDUNG KIPPEINFORMATIONEN

DEN RESISTENZEN AUF DER SPUR

Was hat es eigentlich mit dem Thema der Antibiotikaresistenz auf sich? Welche Rolle spielt sie bei der Erfindung Multiresistenzen? Und wie ist es wichtig, sie unter dem Gesichtspunkt der Evolution zu verstehen? Wie kann man sich die Forschung an der Schnittstelle zwischen Humanmedizin und Evolutionsbiologie vorstellen?

UNTERRICHTSMATERIALIEN

Die Materialien werden auch kostenlos als eine Unterrichtsmaterialien, aber auch einzeln erworben. Das Material können die Materialien im Regelunterricht wie auch im außerschulischen Lernbereich angeboten werden.

<http://antibiotika.kisoc.de>

Anhang B: Erklärungen zu den einzelnen Parametern des Behandlungstools

ANTIBIOTIKA

Ciprofloxacin	Bakterien abtötendes Antibiotikum aus der Klasse der Fluorchinolone. Es wirkt durch die Hemmung eines bakteriellen Enzyms, das zum Kopieren der DNA bei der Zellteilung benötigt wird. Es wirkt gut gegen ein breites Spektrum von Bakterien und wird im medizinischen Alltag bei nicht lebensbedrohlichen Infektionen oft eingesetzt. Inzwischen gibt es weltweit viele resistente Stämme verschiedener Erreger.
Gentamicin	Bakterien abtötendes Antibiotikum aus der Klasse der Aminoglykoside. Es wirkt durch die Hemmung der Proteinsynthese an den bakteriellen Ribosomen. Es hat ein weniger breites Wirkspektrum als Ciprofloxacin, aber gute Wirkung gegen <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Resistenzen existieren weltweit bei einigen Prozent der Bakterien.
Meropenem	Bakterien abtötendes Antibiotikum aus der Klasse der β -Lactame und damit ein Verwandter des Penicillins. Es wirkt durch die Störung des Aufbaus der bakteriellen Zellwand und deckt ein sehr breites Spektrum von gefährlichen Erregern ab. Gegen <i>Pseudomonas aeruginosa</i> wird es häufig genutzt.

WERTE DER LABORUNTERSUCHUNG

Aus Patientenblutproben werden die wichtigsten Parameter bestimmt, um mögliche Krankheitsursachen einzugrenzen. Im Folgenden findest du zunächst Erklärungen der einzelnen Parameter:

Erythrozyten	Erythrozyten sind die roten Blutkörperchen. Hat man zu wenig davon, führt dies zu Problemen beim Sauerstofftransport. Zu viele Erythrozyten sind ein seltener Befund, außer bei langandauernden Lungenerkrankungen oder einigen Knochenmarkserkrankungen.
Leukozyten	Leukozyten sind die weißen Blutkörperchen. Sie sind ein Sammelbegriff für alle Zellen im Blut, die für die Immunabwehr verantwortlich sind. Bei einer Infektion steigt die Leukozytenzahl sehr schnell an, und je schwerer die Infektion ist, desto höher ist der Wert.
Thrombozyten	Thrombozyten sind die Blutplättchen. Sie sind verantwortlich für die Blutgerinnung bei Verletzungen und können aus vielfältigen Gründen erhöht oder erniedrigt sein.
Natrium	Natrium ist das wichtigste Kation im Blut. Natrium macht einen Teil des osmotischen Drucks des Blutes aus und hat damit Einfluss auf die Wassermenge im Blut. Bei zu hohem oder niedrigem Natrium kommt es schnell zu Umverteilungen des Körperwassers, was lebensbedrohlich sein kann.
Kalium	Kalium ist wichtig für die Leitfähigkeit von Nerven- und Muskelzellen. Zu viel oder zu wenig Kalium im Blut löst Herzrhythmusstörungen aus.

	Der Spiegel wird vom Körper sehr eng kontrolliert, kann aber durch Medikamente leicht aus dem Gleichgewicht gebracht werden.
Blutzucker	Der Blutzuckerwert gibt an, wieviel Glukose im Blut ist. Glukose ist der primäre Energielieferant für fast alle Zellen. Der Blutspiegel wird durch Insulin und zahlreiche weitere Hormone kontrolliert. Bei Diabetes mellitus ist diese Regulation gestört und der Blutzuckerspiegel zu hoch. Sehr hohe Blutzuckerspiegel können tödlich sein.
C-reaktives Protein (CRP)	Das C-reaktive Protein (CRP) ist ein Protein der akuten Infektabwehr. CRP wird nach Erkennen einer Infektion durch das Immunsystem aus der Leber freigesetzt und hilft bei der Infektabwehr mit. Es hat sich als wichtigster Infektionsmarker im Blut in der medizinischen Diagnostik etabliert.
O₂-Sättigung	Als O ₂ -Sättigung bezeichnet man den Anteil des mit Sauerstoff gesättigten Hämoglobins im Blut. Dieser Wert zeigt an, wie gut Lungen und Atmung den Körper mit Sauerstoff versorgen können. Bei chronischen Lungenerkrankungen können die Werte dauerhaft niedrig sein (< 85 %), ohne dass der Patient Symptome bemerkt. Unterhalb von 80 % wird die Organfunktion gestört, unter 60 % setzt Bewusstlosigkeit ein.

WERTE DER MIKROBIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG

Erreger	Die genaue Bestimmung der Bakterienspezies wird heutzutage mit komplizierten, aber sehr schnellen, massenspektrometrischen Methoden durchgeführt. Die Bestimmung ist wichtig, da sich daraus die Vorauswahl an Antibiotika ergibt, denn nicht alle Antibiotika wirken gegen alle Bakterien. Die endgültige Wahl des Medikaments erfolgt auf der Basis der Resistenzbestimmung und der Patientenangaben (z. B. Allergien).
Dichte auf Agar	Hierbei handelt es sich um eine grobe Angabe der bakteriellen Zellzahl auf der Agarplatte in Kategorien wie „massiv“, „reichlich“, „einige“ oder „vereinzelt“.
Keimlast	Bei der Keimlast handelt es sich um die genauere Bestimmung der bakteriellen Zellzahl pro Milliliter Material. Diese kann durch Zählen der Kolonien oder durch quantitative molekularbiologische Methoden bestimmt werden.

WERTE DER LUNGENFUNKTION

Im Folgenden schauen wir uns die Untersuchung von Sauerstoffaufnahme, Atemvolumina und Bronchialsystem mit Hilfe verschiedener Geräte an. Da diese Werte stark vom Patienten abhängen (Alter, Geschlecht, Größe), gibt es keine allgemeingültigen Normalwerte. Stattdessen wird angegeben, wie nah die Ergebnisse am Erwartungswert des individuellen Patienten sind. Dabei gelten Werte zwischen 80

und 100% als normal. Für die routinemäßige Erfassung der Lungenfunktion bei Mukoviszidose sind zwei Werte besonders wichtig:

Vitalkapazität (VC)	Das Luftvolumen zwischen der tiefstmöglichen Ein- und Ausatmung, also der größte Atemzug, den die Patientin/ der Patient machen kann. Der Wert weist auf eine eventuelle Einschränkung des Lungenvolumens hin, gibt aber keine Information über die Ursache. Der Wert kann bei fortgeschrittener Zerstörung der Lunge durch Rauchen oder Infektion verändert sein.
Forcierte Einsekundenkapazität (FEV₁)	Das Luftvolumen, das bei der schnellstmöglichen Ausatmung in einer Sekunde die Lunge verlässt. Reduzierte Werte deuten auf eine Störung des Luftflusses in den Bronchien hin und treten klassischerweise bei Erkrankungen, die die Bronchien einengen auf, wie Asthma bronchiale oder Mukoviszidose. Die FEV ₁ wird bei der Mukoviszidose als schneller Test für den akuten Lungenzustand genutzt, da z.B. eine große Menge Sekret den Wert reduziert.

Anhang C: Concept Cartoon-Arbeitsblatt

Arbeitsauftrag:



Gehe für die Bearbeitung der Cartoons wie folgt vor:

- 1 Lies dir in Einzelarbeit alle vier Cartoons durch.
- 2 Tauscht euch in Partnerarbeit über eure ersten Gedanken und Meinungen aus und bereitet euch darauf vor, eure Meinung in der Gruppendiskussion zu vertreten.
- 3 Diskutiert in der Gruppe über eure Meinung zu den Cartoons und haltet anschließend schriftlich eure persönliche Meinung zu jedem einzelnen Cartoon in der Tabelle auf den letzten beiden Seiten fest.

A

Heute belegte wissenschaftliche Aussagen können morgen durch neue Erkenntnisse oder Technologien wieder in Frage gestellt werden.



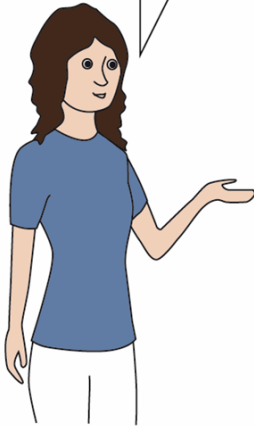
Wenn eine biomedizinische Aussage einmal belegt ist, dann gilt sie auch morgen und in 100 Jahren noch.



Platz für Notizen:

B

Wissenschaftler/ innen der Biomedizin sind auch nur Menschen, deswegen muss man immer kritisch hinterfragen, was sie sagen.



Wissenschaftler/ innen der Biomedizin sind Experten, deswegen wissen sie als einzige wirklich Bescheid und deshalb muss man ihnen glauben.



Platz für Notizen:

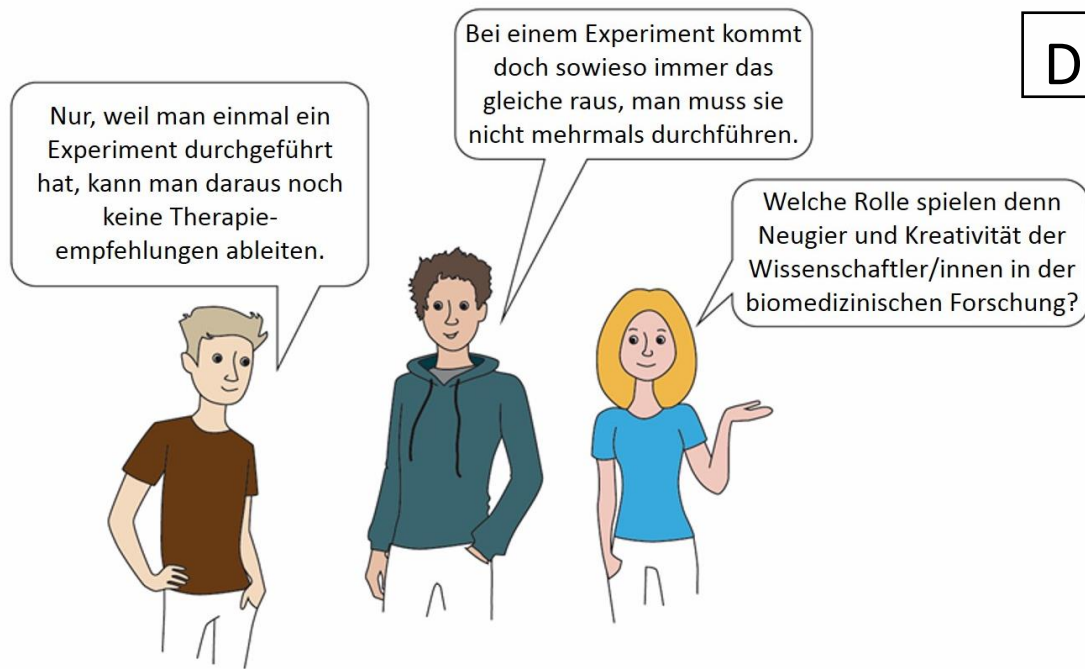
C

Wie im Leben, so findet sich auch in der Biomedizin nicht immer auf jede Frage eine eindeutige Antwort. Manchmal gibt es mehrere Antworten zwischen denen auch Wissenschaftler/innen der Biomedizin sich nicht festlegen können.



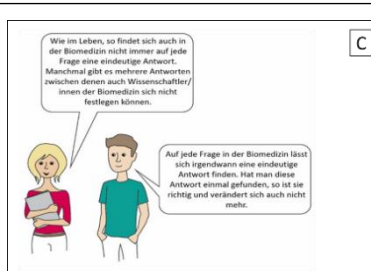
Auf jede Frage in der Biomedizin lässt sich irgendwann eine eindeutige Antwort finden. Hat man diese Antwort einmal gefunden, so ist sie richtig und verändert sich auch nicht mehr.

Platz für Notizen:

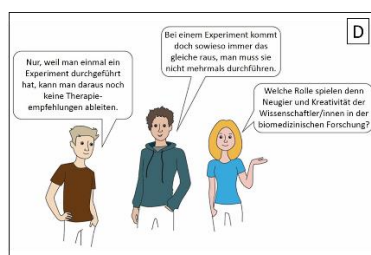


Platz für Notizen:

<div data-bbox="279 201 646 436"> <p>Heute belegte wissenschaftliche Aussagen können morgen durch neue Erkenntnisse oder Technologien wieder in Frage gestellt werden.</p> <p>Wenn eine biomedizinische Aussage einmal belegt ist, dann gilt sie auch morgen und in 100 Jahren noch.</p> </div> <p>(Cartoon S. 2)</p>	
<div data-bbox="279 1059 646 1299"> <p>Wissenschaftler/innen der Biomedizin sind auch nur Menschen, deswegen muss man immer kritisch hinterfragen, was sie sagen.</p> <p>Wissenschaftler/innen der Biomedizin sind Experten, deswegen wissen sie als einzige wirklich Bescheid und deshalb muss man ihnen glauben.</p> </div> <p>(Cartoon S. 3)</p>	



(Cartoon S. 4)



(Cartoon S. 5)

Anhang D: Fragebögen



Martina Kapitza, Leif Tüffers, Hinrich Schulenburg & Kerstin Kremer

Liebe Schülerin/ lieber Schüler,

vielen Dank für deine Teilnahme an der Befragung und damit der Mitarbeit in meinem Projekt. Durch die Beantwortung dieser Fragen hilfst du mir bei der Forschung für meine Doktorarbeit sehr weiter. Lasse deshalb im Fragebogen keine Aussage aus, auch wenn dir die Entscheidung für eine Antwort einmal schwerfallen sollte.

Zu den Begriffen: Im Fragebogen wird dir oft der Begriff „*Biomedizin*“ begegnen. Damit du im Fragebogen besser damit umgehen kannst, kommt hier eine kurze Erläuterung:

Definition Biomedizin:

Die Biomedizin ist ein Forschungs- bzw. Wissenschaftsgebiet an der Schnittstelle zwischen Humanmedizin und Biologie. In der reinen Humanmedizin geht es hauptsächlich um das klinische Arbeiten der Ärzte und Ärztinnen. In der Biomedizin liegt der Fokus deutlich mehr auf Forschungsaspekten. Wichtigstes Ziel der biomedizinischen Forschung ist dabei die molekulare Erforschung von Krankheitsmechanismen und die technische und medizinische Entwicklung von Therapien für diese Krankheiten. Eine Person, die im Feld der Biomedizin beschäftigt ist, ist also ein Wissenschaftler bzw. eine Wissenschaftlerin. Die Arbeit von den Wissenschaftlern bzw. Wissenschaftlerinnen der Biomedizin unterscheidet sich damit von der Arbeit der Ärzte bzw. Ärztinnen im Feld der reinen Humanmedizin.

In diesem Fragebogen gibt es **keine richtigen oder falschen Antworten**. Kreuze vielmehr immer die Antwort an, die deiner Meinung am ehesten entspricht. Bitte beantworte den Fragebogen alleine und ohne die Hilfe von anderen. Deine Angaben in diesem Fragebogen sind freiwillig, aber du hilfst uns mit deinen Antworten sehr weiter. Die Antworten in dem Fragebogen sind anonym und werden nicht an deine Lehrerin bzw. deinen Lehrer oder andere weitergegeben.

Zur Person:

Junge ☐ Mädchen ☐

Alter: _____

Jahrgangsstufe: _____

Trage hier die letzten Zeugnisnoten ein, die du in Biologie, Chemie und Physik erhalten hast. Gebe die Note dabei im Format 1 (sehr gut) - 6 (ungenügend) an. (*Beispiel:* Wenn deine letzte Zeugnisnote in Physik „10“ Punkte waren, dann musst du eine „2“ eintragen).

Letzte Zeugnisnote im Fach...

Punkte	Note
15-13	1
12-10	2
09-07	3
06-04	4
03-01	5
00	6

Biologie: _____

Chemie: _____

Physik: _____

Code:

Bitte erstelle hier deinen persönlichen Code. Dieser dient nur dazu, die Fragebögen aus den drei Messzeitpunkten zu einer Person zuordnen zu können.

Tag deines Geburtsdatums


(*Beispiel:* Wenn dein Geburtstag am „12.05.95“ ist, dann musst du die „12“ eintragen.)

Der erste und letzte Buchstabe deines Vornamens

(*Beispiel:* Wenn du „Max“ mit Vornamen heißt, musst du „MX“ eintragen.)

Der erste und letzte Buchstabe deines Nachnamens

(*Beispiel:* Wenn du „Mustermann“ mit Nachnamen heißt, musst du „MN“ eintragen.)

		Ansichten zu naturwissenschaftlichem Wissen und Wissenserwerb	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme voll zu
01		Was man in einem Biomedizinbuch liest, ist sicher wahr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02		Nur Wissenschaftler/innen der Biomedizin wissen genau, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03		Das Wissen in der Biomedizin ist für alle Zeit wahr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04		Was der/die Lehrer/in im Naturwissenschaftsunterricht zu biomedizinischen Themen sagt, ist wahr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05		Alle Fragen in der Biomedizin haben genau eine Lösung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06		Die Ideen zu Experimenten in der Biomedizin kommen daher, dass man neugierig ist und darüber nachdenkt, wie etwas funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07		Es ist wichtig, Experimente in der Biomedizin mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08		Wissenschaftler/innen der Biomedizin stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09		Was in Biomedizinbüchern steht, muss man glauben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10		Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Wissenschaftler/innen der Biomedizin für wahr halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11		In der Biomedizin können sich neue Vorstellungen aus den eigenen Fragen und Experimenten entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12		Der wichtigste Teil der Biomedizin ist die Suche nach den einzig richtigen Lösungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13		In der Biomedizin kann es mehrere Wege geben, um Vorstellungen zu überprüfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14		In der Biomedizin ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme voll zu
15	Einige Vorstellungen in der Biomedizin sind heute anders als das, was Wissenschaftler/innen der Biomedizin früher dachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Ein wichtiger Teil der Biomedizin ist es, Experimente durchzuführen, um neue Ideen zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Gute Theorien in der Biomedizin stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Was Wissenschaftler/innen der Biomedizin herausfinden, muss man glauben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Manchmal verändern sich die Vorstellungen in der Biomedizin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Es ist wichtig, in der Biomedizin eine konkrete Vorstellung zu haben, bevor man mit einem Experiment beginnt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Die Vorstellungen in Biomedizinbüchern verändern sich manchmal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Es gibt manche Fragen in der Biomedizin, die auch Wissenschaftler/innen der Biomedizin nicht beantworten können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Es gibt nur die eine Lösung, wenn Wissenschaftler/innen der Biomedizin einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	Manchmal ändern Wissenschaftler/innen der Biomedizin ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Ein Experiment ist in der Biomedizin ein guter Weg, um herauszufinden, ob etwas wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	Gute Ideen in der Biomedizin können von jedem kommen, nicht nur von Wissenschaftlern/innen der Biomedizin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Interesse an Biomedizin

		stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
01	Themen der Biomedizin sind spannend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Freiwillig würde ich mich nie mit Themen der Biomedizin beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Themen der Biomedizin sind mir persönlich sehr wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Themen der Biomedizin machen mir keinen Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Themen der Biomedizin sind sehr nützlich für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Wenn ich ehrlich bin, sind mir Themen der Biomedizin gleichgültig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Ich habe Themen der Biomedizin gern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Themen der Biomedizin sind langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Vertrauen in die Biomedizin bzw. Wissenschaftler/innen der Biomedizin

		stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme voll zu
01	Wir können Wissenschaftlern/innen der Biomedizin vertrauen, dass sie ihre Ergebnisse auch dann veröffentlichen, wenn sie selbst ihre Ergebnisse nicht mögen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Wir sollten der Arbeit von Wissenschaftlern/innen der Biomedizin vertrauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Wir sollten darauf vertrauen, dass Wissenschaftler/innen der Biomedizin bei ihrer Arbeit ehrlich sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Wir sollten darauf vertrauen, dass Wissenschaftler/innen der Biomedizin ethisch arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Biomedizinische Theorien sind vertrauenswürdig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Fachwissen

Hier ist immer nur eine Antwort richtig!

1. Antibiotika gehören zu den wichtigsten Errungenschaften der Medizin des 20. Jahrhunderts. Bei welcher Form der Erkrankung ist es sinnvoll, Antibiotika einzusetzen?

- ☐ Bei bakteriellen Infektionen
- ☐ Bei Wurminfektionen
- ☐ Bei Virusinfekten
- ☐ Bei allen Erkältungen

2. Bei der Krankheit Mukoviszidose...

- ☐ ...handelt es sich um eine Erbkrankheit mit einem autosomal-dominanten Erbgang.
- ☐ ...verhindert ein stark verflüssigter Schleim bei den Erkrankten, dass Schadstoffe aus der Lunge heraus transportiert werden.
- ☐ ...sind Umwelteinflüsse und eine ungesunde Lebensweise wichtige Krankheitsursachen.
- ☐ ...erkranken nur diejenigen, die auf beiden Chromosomen ein verändertes Gen mit sich tragen.

3. Antibiotikaresistenz stellt eine große medizinische Herausforderung für die Zukunft dar. Was trifft auf diese globale Krise zu?

- ☐ Die Entwicklung neuer Antibiotika ist für Pharmakonzerne uninteressant, da Antibiotika über lange Zeiträume effektiv einsetzbar sind.
- ☐ Antibiotikaresistenzen existieren, seitdem Antibiotika als Medikamente von uns Menschen eingesetzt werden.
- ☐ Antibiotika gelangen nach der Ausscheidung von Menschen und Tieren in noch aktiver Form in die Umwelt.
- ☐ Ein neu entwickeltes Antibiotikum lässt sich so einsetzen, dass keine neuen Resistenzen mehr auftreten.

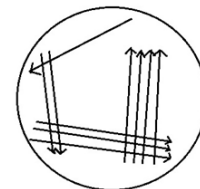
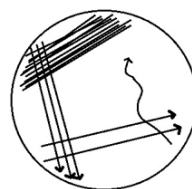
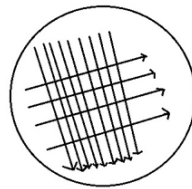
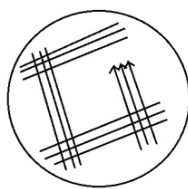
4. Als vertikalen Gentransfer bezeichnet man, die Übertragung der Resistenz...

- ☐ ... zwischen Bakterien durch Viren.
- ☐ ... durch direkten Kontakt zwischen den Bakterien.
- ☐ ... durch die Aufnahme von DNA-Bruchstücken abgestorbener Bakterien.
- ☐ ... durch die Weitergabe der Resistenz an nachfolgende Generationen.

5. Aus Blutproben von Patienten lassen sich wichtige Parameter bestimmen, um mögliche Krankheitsursachen einzugrenzen. Welcher Befund könnte bei einem Mukoviszidose-Patienten diagnostiziert werden?

- ☐ Eine zu hohe Zahl an roten Blutkörperchen, da dies zu Problemen beim Sauerstoff-Transport führt.
- ☐ Eine hohe Zahl an Leukozyten, den weißen Blutkörperchen. Eine erhöhte Zahl deutet auf eine schwere Infektion hin.
- ☐ Ein zu hoher oder zu niedriger Kalium Wert. Dies kann schnell zu lebensbedrohlichen Umverteilungen des Körperwassers führen.
- ☐ Ein zu hoher Sauerstoffsättigungswert. Als Sauerstoffsättigung bezeichnet man den Anteil des mit Sauerstoff gesättigten Hämoglobins im Blut.

6. Wie sieht das korrekte Ausstreichmuster bei der Kolonieisolation aus?



7. Durch antibiotische Therapie bei Mukoviszidose...

- ☐ ... können die Patienten von der Mukoviszidose geheilt werden.
- ☐ ... können die damit zusammenhängenden Infektionen behandelt werden.
- ☐ ... können keine Resistenzen mehr bei den Patienten entstehen.
- ☐ ... kann die Konsistenz des Schleims verändert werden.

8. Welche Merkmale gehen mit einer Resistenzentwicklung einher?

- ☐ Durch die Resistenzentwicklung entstehen dem Bakterium Kosten, die sich bei Abwesenheit des Antibiotikums nachteilig auswirken.
- ☐ Resistente Bakterien haben durch eine generell höhere Wachstums- und Fortpflanzungsrate einen Fitnessvorteil gegenüber nicht resistenten Bakterien.
- ☐ Trotz Abwesenheit eines Antibiotikums haben die Bakterien, die gegen dieses Antibiotikum resistent sind, einen Überlebensvorteil gegenüber den Bakterien, die sensibel gegen dieses Antibiotikum sind.
- ☐ Die Resistenzentwicklung gegen ein Antibiotikum führt immer zur Ausprägung einer Resistenz gegen ein zweites Antibiotikum (Kreuzresistenz).

9. Wer war der Entdecker des Penicillins?

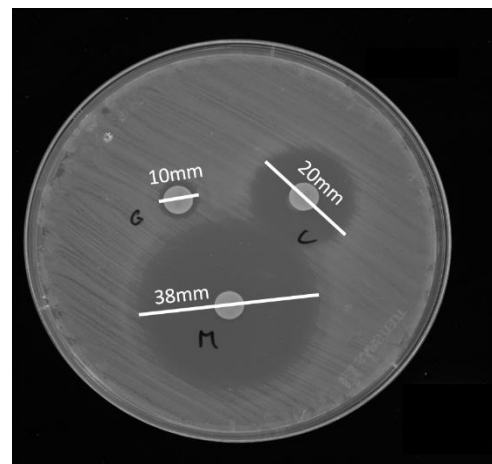
- ☐ Robert Koch
- ☐ Max Planck
- ☐ Kirby Bauer
- ☐ Alexander Fleming

10. Welche Information liefert der folgende Test über die Erreger der Patientin Lilly B.?

(Grenzwerte: Ciprofloxacin= 26, Gentamicin= 15 und Meropenem= 18)?

Die Erreger sind...

- ☐ ...als sensibel für **M** und als sensibel für **G** einzuschätzen.
- ☐ ...als resistent gegen **G** und als resistent gegen **C** einzuschätzen.
- ☐ ...als resistent gegen **M** und als sensibel für **C** einzuschätzen.
- ☐ ...als resistent gegen **M** und als sensibel für **G** einzuschätzen.



11. Unter der kollateralen Sensitivität versteht man den Effekt, bei dem ein Bakterium...

- ☐ ... durch gleichzeitige Behandlung mit zwei Antibiotika für diese zwei Antibiotika sensibel wird.
- ☐ ... so lange mit einem Antibiotikum behandelt wird, bis es wieder sensibel für das Antibiotikum wird.
- ☐ ... eine Resistenz gegen ein Antibiotikum entwickelt und dadurch gleichzeitig sensibel für ein anderes Antibiotikum wird.
- ☐ durch Behandlung mit einem Antibiotikum seine Resistenzgene verliert und dadurch sensibel für das Antibiotikum wird.

Geschafft!

Vielen Dank, dass du den Fragebogen ausgefüllt hast!

Du hast mir damit wirklich weitergeholfen!

**Code:**

Bitte erstelle hier deinen persönlichen Code.

Tag deines Geburtsdatums

(Wenn dein Geburtstag am „12.05.95“ ist, dann musst du die „12“ eintragen.)

Der erste und letzte Buchstabe deines Vornamens

(Wenn du „Max“ mit Vornamen heißt, musst du „MX“ eintragen.)

Der erste und letzte Buchstabe deines Nachnamens

(Wenn du „Mustermann“ mit Nachnamen heißt, musst du „MN“ eintragen.)



		stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme voll zu
01	Der Projekttag war unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Ich fand den Projekttag spannend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Der Projekttag hat mir Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Der Projekttag hat meine Neugier geweckt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Der Projekttag konnte meine Aufmerksamkeit fesseln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Ich habe mich auf den Projekttag konzentriert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Ich bin während des Projekttags auf Themen gestoßen, zu denen ich gerne mehr Information hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Über Teile des Projekttags möchte ich gerne mehr erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09	Für mich haben sich während des Projekttags neue Fragen ergeben, auf die ich gerne eine Antwort hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Das Thema des Projekttags ist mir wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Die Beschäftigung mit den Inhalten des Projekttags war für mich nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Die Inhalte des Projekttags sind für mich bedeutsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

01 In die Lösung oder Bearbeitung der vorangegangenen Aufträge investiere ich:

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
Geringe Anstrengung					Hohe Anstrengung	

02 Die vorangegangenen Aufträge fand ich:

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
einfach					schwer	

03 Wie einfach oder schwer waren die vorangegangenen Aufträge zu verstehen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
einfach					schwer	

04 Wie stark haben die Aufträge deine unmittelbar-gründliche Aufmerksamkeit erfordert?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

05 Wie stark haben die Aufträge bei dir Zeitdruck verursacht?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

06 Wie stark haben die Aufträge bei dir gleichzeitige Anforderungen verursacht?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

07 Wie stark musstest du dich auf die Aufträge konzentrieren?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

08 Wie stark musstest du dich anstrengen, um die Texte der Aufträge zu verstehen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

09 In welchem Ausmaß musstest du einzelne Schritte erinnern, um die Aufträge zu erfüllen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

10 Wie stark musstest du dich anstrengen, um die Bilder am Projekttag zu verstehen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7
kaum					sehr stark	

Anhang E: Codierleitfaden für die *Concept Cartoons*

Die Kategorien des folgenden Codierleitfadens sind sowohl auf das erste Antwortfeld (A1, B1, C1, D1) als auch auf das zweite Antwortfeld (A2, B2, C2, D2) auf dem Arbeitsblatt der *Concept Cartoons* analog anzuwenden und die Codierung in die entsprechende Spalte in der Excel-Tabelle zu überführen. Für jeden einzelnen der vier Cartoons gibt es dabei einen eigenen Abschnitt im Codierleitfaden. Dabei kann eine Antwort des Schülers bzw. der Schülerin nur in eine der jeweiligen Kategorien einsortiert werden.

Abschnitt Cartoon A: Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens

Für den Fall, dass im Feld A2 steht, dass sich ihre Meinung nicht geändert hat bzw. sie auf das Feld A1 verweisen, so ist für das Feld A2 die Einstufung der Antwort aus dem Feld A1 zu übernehmen.

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: SONSTIGES	Daten fehlen	0	Antwortfelder, in denen nichts eingetragen wurde und somit keine Antwort vorliegt.	-
	Nicht zuordenbar	1	Antworten, die sich keiner der folgenden Kategorien zuordnen lassen.	„Änderung Fachgebiete“ „Bei älteren Technologien → Messfehler“ „neue bessere Therapie? Alte Therapien schlechte Nebenwirkungen entdeckt?“ Veränderung → Therapie wirkt nicht mehr?“ „Manchmal gibt es auch mehrere richtige Antworten & nicht nur eine eindeutige Antwort.“ „Es gibt immer Veränderungen.“
ZUSTIMMUNG ZUR NAIVEREN POSITION	Unbegründete Zustimmung	2	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage „Wenn eine biomedizinische Aussage einmal belegt ist, dann gilt sie auch morgen und in 100 Jahren noch.“ der weiblichen Person (hellblaues T-Shirt) zu.	-
	Inadäquat begründete Zustimmung	3	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage „Wenn eine biomedizinische Aussage einmal belegt ist, dann gilt sie auch morgen und	„Eine <u>bewiesene</u> Aussage bleibt, sie kann höchstens erweitert werden.“

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel	
KATEGORIENBLOCK:		<i>in 100 Jahren noch.“</i> der weiblichen Person (hellblaues T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.		
	Begründete Zustimmung	4	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage „ <i>Wenn eine biomedizinische Aussage einmal belegt ist, dann gilt sie auch morgen und in 100 Jahren noch.</i> “ der weiblichen Person (hellblaues T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der weiblichen Person zustimmt.	-
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR SOPHISTIZIERTEREN POSITION	Unbegründete Zustimmung	5	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage „ <i>Heute belegte wissenschaftliche Aussagen können morgen durch neue Erkenntnisse und Technologien wieder in Frage gestellt werden.</i> “ der männlichen Person (braunes T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„Ich stimme dem Jungen zu.“ „Der Mann hat eindeutig Recht im Gegensatz zur Frau. Neue Erkenntnisse können vieles ändern.“
	Inadäquat begründete Zustimmung	6	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage „ <i>Heute belegte wissenschaftliche Aussagen können morgen durch neue Erkenntnisse und Technologien wieder in Frage gestellt werden.</i> “ der männlichen Person (braunes T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende (z.B. Veränderungen in der Wissenschaft erfolgen durch Evolution) oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	„Ich stimme dem Jungen zu, <u>da sich Bakterien und andere Mechanismen verändern können.</u> “ „ <u>Natürlich sollte man nicht alles glauben, jedoch müssen Wissenschaftler, um etwas klar sagen zu können, mehrere Experimente/Tests durchführen.</u> Die Aussagen können sich jedoch immer wieder durch neue Studien oder Belege ändern.“ „Ich stimme dem Jungen zu (<u>Experimente laufen schief, falsche Schlussfolgerung.</u>)“ „(markiert: Junge unterstrichen) <u>Änderung Fachgebiete bzw. der Probleme.</u> “
	Begründete Zustimmung	7	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw.	„Wissenschaftliche technische Erneuerungen bieten

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ABWÄGENDE HALTUNG			der Aussage „Heute belegte wissenschaftliche Aussagen können morgen durch neue Erkenntnisse und Technologien wieder in Frage gestellt werden.“ der männlichen Person (braunes T-Shirt) zu.	<p>der Schüler begründet der Aussage der männlichen Person zustimmt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wissenschaft befindet sich im stetigen Wandel und entwickelt sich weiter, ohne diese Veränderung bzw. den Einbezug neuer Erkenntnisse gibt es keinen Fortschritt Wissenschaftliche/ technische Erneuerungen bieten neue Möglichkeiten, bisherige Ergebnisse zu prüfen Beispiele: Atommodelle, Erde als Scheibe vs. Erde als Kugel, die Sicht auf Antibiotika (Wundermittel vs. globale Krise) Es sind noch nicht alle Fakten bekannt, somit kann durch neue Experimente/ (Langzeit-) Studien Neues herausgefunden werden, was Altes verändert (hat sich auch in der Vergangenheit schon gezeigt) Auch als „belegt“ geltende Aussagen können jederzeit hinterfragt und widerlegt werden 	<p>neue Informationen → Meinungen können sich ändern. Man muss immer wieder Sachen hinterfragen und nachforschen. Die Welt unterliegt einem ständigen Wandel → es ändern sich immer wieder Sachen.“</p> <p>„Der Junge hat meiner Meinung nach Recht, da es bei jeder Forschung neue Erkenntnisse gibt und es wäre ja unlogisch, nicht auf diese zu achten und die alten in Frage zu stellen.“</p> <p>„Wissenschaftliche Aussagen können zu jedem Zeitpunkt in Frage gestellt oder widerlegt werden. Ebenso kann eine modernere/ bessere Technik neue Erkenntnisse geben.“</p> <p>„Auch wenn biomedizinische Aussagen belegt sind, kann sie durch neue Erkenntnisse in Frage gestellt werden. Es werden immer neue Erkenntnisse gesammelt.“</p>
	Unbegründetes Abwägen beider Aussagen	8	Diese Schülerinnen und Schüler wägen unbegründet die Aussagen beider Personen ab.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider Personen abwägt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Das Abwägen muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„Ne, nur solange sie nicht widerlegt ist.“
	Inadäquates Abwägen beider Aussagen	9	Diese Schülerinnen und Schüler wägen die Aussagen beider Personen ab, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider Personen abwägt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/ unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort	<p>„(markiert: Mädchen falsch) Es stimmt. Kann genauer/besser werden → hinterfragen aber nicht komplett falsch, sondern nur genauer bestimmt; <u>neue Mutationen → alte Ergebnisse stimmen nicht mehr/immer.</u>“</p> <p>„Wenn z.B. eine Behandlungsmethode belegt ist oder eine Aussage, heißt es nicht, dass es noch eine bessere geben</p>

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
			ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	<p>kann. In Frage stellen kann man Aussagen immer, da sich die Wissenschaft im Fortschritt befindet und sich weiterentwickelt.“</p> <p>„Aussagen müssen immer hinterfragt werden, jedoch muss auch irgendwann ein Ergebnis festgelegt werden.“</p> <p>„Biomedizinische Aussagen sind für eine längere Zeit festgelegt, jedoch die wissenschaftlichen Aussagen von einem Tag auf den nächsten widerlegbar.“</p>
Begründetes Abwägen beider Aussagen	10	Diese Schülerinnen und Schüler wägen begründet die Aussagen beider Personen ab.	<p>Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet die Aussagen beider Personen abwägt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wissenschaft befindet sich im stetigen Wandel und entwickelt sich weiter, ohne diese Veränderung bzw. den Einbezug neuer Erkenntnisse gibt es keinen Fortschritt, aber es gebe einen gewissen Bestand an „eher gesichertem“ Wissen, der eher konstant bleibe Neue Erkenntnisse können wissenschaftliche Aussagen entweder widerlegen oder stützen Beispiele für Veränderungen in der Vergangenheit: Atommodelle, Erde als Scheibe vs. Erde als Kugel, die Sicht auf Antibiotika (Wundermittel vs. globale Krise) Eine Aussage gilt so lange, bis sie widerlegt wird 	<p>„Wenn neue Technik zur Verfügung steht, kann man bessere/andere/genauere Ergebnisse erhalten. Allerdings bleiben die meisten ähnlich. (Bsp. Früher sollte die Erde eine Scheibe sein.“</p> <p>„Neue Technologien etc. können alte durch bessere Wirkung, weniger Nebenwirkungen ersetzen. Biomedizinische Aussagen können auch später noch richtig sein, haben sich aber vielleicht etwas verändert.“</p> <p>„Natürlich sind diese Aussagen für weitere Jahre belegt, jedoch können neue Technologien oder Studien diese in Frage stellen. Sie können sie aber auch stützen.“</p>

Abschnitt Cartoon B: Quelle naturwissenschaftlichen Wissens

Für den Fall, dass im Feld B2 steht, dass sich ihre Meinung nicht geändert hat bzw. sie auf das Feld B1 verweisen, so ist für das Feld B2 die Einstufung der Antwort aus dem Feld B1 zu übernehmen.

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel	
KATEGORIENBLOCK: SONSTIGES	Daten fehlen	0	Antwortfelder, in denen nichts eingetragen wurde und somit keine Antwort vorliegt.	Diese Kategorie ist nur auszuwählen, wenn keine Antwort bzw. kein Antwortansatz vorliegen. Wurde eine Antwort gegeben, die nicht verständlich ist, so ist die Antwort der Kategorie „nicht zuordenbar“ hinzuzufügen.	-
	Nicht zuordenbar	1	Antworten, die sich keiner der folgenden Kategorien zuordnen lassen.	Antworten dieses Typs lassen sich den folgenden Kategorien nicht zuordnen.	„Auch andere Wissenschaftler können Recht haben.“ „Wissenschaftliche Theorien sollten immer hinterfragt werden.“ „Wird etwas von Wissenschaftlern gesagt, so müssen sie dies im Voraus mit vielen Tests etc. beweisen bzw. nachweisen.“
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR NAIVEREN POSITION	Unbegründete Zustimmung	2	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage „Wissenschaftler/innen sind Experten, deswegen wissen sie als einzige wirklich Bescheid und deshalb muss man ihnen glauben.“ der männlichen Person (grünes T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	-
	Inadäquat begründete Zustimmung	3	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage „Wissenschaftler/innen sind Experten, deswegen wissen sie als einzige wirklich Bescheid und deshalb muss man ihnen glauben.“ der männlichen Person (grünes T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	-
	Begründete Zustimmung	4	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage „Wissenschaftler/innen sind Experten, deswegen wissen sie als einzige wirklich Bescheid und	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der männlichen Person zustimmt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt: <ul style="list-style-type: none">Da Wissenschaftler/innen der Biomedizin über Fachwissen	„Es ist immer ratsam es in Betracht zu ziehen, dass Wissenschaftler der Biomedizin Ahnung und Fachwissen besitzen und so auch Recht mit ihren Erkenntnissen haben.“

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR SOPHISTIZIERTEREN POSITION			<i>deshalb muss man ihnen glauben.</i> “ der männlichen Person (grünes T-Shirt) zu.	verfügen, kann man ihnen glauben <ul style="list-style-type: none"> Wenn sie die Aussage mehrfach wissenschaftlich belegt haben, kann man ihnen glauben 	<i>„Wissenschaftler haben ihren Beruf studiert und wissen, was sie tun und sagen, jedoch müssen sie ihre Aussagen mithilfe von Tatsachen oder Studien belegen.“</i> <i>„Man sollte den Wissenschaftlern glauben, wenn deren Aussagen mehrfach wissenschaftlich belegt worden sind.“</i>
	Unbegründete Zustimmung	5	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage <i>„Wissenschaftler/innen der Biomedizin sind auch nur Menschen, deswegen muss man kritisch hinterfragen, was sie sagen.“</i> der weiblichen Person (blaues T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der weiblichen Person zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	<i>„Die Frau hat Recht.“</i> <i>„Fehler sind menschlich.“</i>
	Inadäquat begründete Zustimmung	6	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage <i>„Wissenschaftler/innen der Biomedizin sind auch nur Menschen, deswegen muss man kritisch hinterfragen, was sie sagen.“</i> der weiblichen Person (blaues T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der weiblichen Person zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	<i>„Wir stimmen dem Mädchen zu: vieles kann sich verändern, neue Techniken für <u>genauere Ergebnisse</u>.“</i> <i>„Sinnvoll Sachen zu hinterfragen: → neue Erkenntnisse → <u>Veränderung der Krankheit oder Viren</u>.“</i> <i>„Das Mädchen hat Recht finde ich. <u>Vieles, was früher (vor 50 Jahren) richtig war, kann heute falsch und neu belegt sein.</u>“</i>
	Begründete Zustimmung	7	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage <i>„Wissenschaftler/innen der Biomedizin sind auch nur Menschen, deswegen muss man kritisch hinterfragen, was sie sagen.“</i> der weiblichen Person (blaues T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der weiblichen Person zustimmt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt: <ul style="list-style-type: none"> Das Hinterfragen sowie Kritik sind wichtig für den Erkenntnisprozess Fehler sind menschlich, deswegen sollte alles stets hinterfragt werden Es sollten immer Meinungen anderer Experten in die Bewertung mit einbezogen werden Man sollte nicht jeder/m Wissenschaftler/in glauben NUR weil sie/ er ein/e Wissenschaftler/in ist 	<i>„Ich finde man sollte nicht immer alles direkt glauben, sondern auch mal etwas hinterfragen, denn auch Wissenschaftler machen mal Fehler.“</i> <i>„Frau: Man sollte immer leicht kritisch alles hinterfragen, denn dies führt dazu, dass Probleme aus unterschiedlichen Perspektiven angesehen werden. So können neue Lösungsansätze gefunden werden. Mann: Man sollte nie</i>

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ABWÄGENDE HALTUNG				<ul style="list-style-type: none"> Der Bereich der Biomedizin ist groß, sodass auch Wissenschaftler/innen nicht alles wissen können Der Auftraggeber/Sponsor der Studie sollte in den Blick genommen werden Die Arbeit von Wissenschaftlern/innen muss dabei auch von anderen Wissenschaftlern hinterfragt werden 	auch einem Wissenschaftler blind vertrauen.“
	Unbegründetes Abwägen beider Aussagen	8	Diese Schülerinnen und Schüler wägen unbegründet die Aussagen beider Personen ab.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider Personen abwägt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Das Abwägen muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„(markiert: Gleichheitszeichen zwischen Junge und Mädchen) Man sollte ihnen glauben, aber manchmal auch kritisch hinterfragen.“ „Beide haben teilweise Recht! Der Mann sollte nicht so naiv sein und die Frau nicht so kritisch.“
	Inadäquates Abwägen beider Aussagen	9	Diese Schülerinnen und Schüler wägen die Aussagen beider Personen ab, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider Personen abwägt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	„Wissenschaftler sind auch nur Menschen und können Fehler machen. Allerdings sind sie auch Experten auf ihrem Gebiet und man kann ihren Aussagen vertrauen aber man sollte trotzdem genauer hinsehen z.B. von wem die Studie gemacht wurde; <u>auch durch die Evolution/Mutation von beispielsweise Bakterien kann eine Studie verfälscht werden.</u> “
	Begründetes Abwägen beider Aussagen	10	Diese Schülerinnen und Schüler wägen begründet die Aussagen beider Personen ab.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet die Aussagen beider Personen abwägt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt: <ul style="list-style-type: none"> Man sollte ihnen schon vertrauen/glauben, weil sie Experten sind/über am meisten Fachwissen zu dem Thema verfügen, aber es auch hinterfragen, denn auch ihnen kann mal ein Fehler unterlaufen Man sollte hinterfragen, aber wenn die Aussagen mehrfach wissenschaftlich belegt sind, kann man ihnen auch glauben 	„Wissenschaftler/innen kennen sich in ihrem Gebiet gut aus, deshalb kann man ihnen in vielen Dingen vertrauen. Jedoch sollte man seinen eigenen Kopf benutzen und muss nicht alles glauben, was man hört.“ „Wissenschaftler sind Experten und kennen sich damit aus, weil sie sich viel damit beschäftigt haben. Trotzdem kann man aber auch einiges hinterfragen.“

Abschnitt Cartoon C: Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens

Für den Fall, dass im Feld C2 steht, dass sich ihre Meinung nicht geändert hat bzw. sie auf das Feld C1 verweisen, so ist für das Feld C2 die Einstufung der Antwort aus dem Feld C1 zu übernehmen.

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel	
KATEGORIENBLOCK: SONSTIGES	Daten fehlen	0	Antwortfelder, in denen nichts eingetragen wurde und somit keine Antwort vorliegt.	Diese Kategorie ist nur auszuwählen, wenn keine Antwort bzw. kein Antwortansatz vorliegen. Wurde eine Antwort gegeben, die nicht verständlich ist, so ist die Antwort der Kategorie „nicht zuordenbar“ hinzuzufügen.	-
	Nicht zuordenbar	1	Antworten, die sich keiner der folgenden Kategorien zuordnen lassen.	Antworten dieses Typs lassen sich den folgenden Kategorien nicht zuordnen.	„Wissenschaftler haben oft verschiedene Meinungen.“ „Es kann sich alles verändern oder im Wandel befinden.“
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR NAIVEREN POSITION	Unbegründete Zustimmung	2	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage „Auf jede Frage in der Biomedizin lässt sich irgendwann eine eindeutige Antwort finden. Hat man diese Antwort einmal gefunden, so ist sie richtig und verändert sich auch nicht mehr.“ der männlichen Person (grünes T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„Auf jede Frage gibt es theoretisch eine Antwort.“
	Inadäquat begründete Zustimmung	3	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage „Auf jede Frage in der Biomedizin lässt sich irgendwann eine eindeutige Antwort finden. Hat man diese Antwort einmal gefunden, so ist sie richtig und verändert sich auch nicht mehr.“ der männlichen Person (grünes T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	„Ich finde, dass es nur eine Antwort geben kann, weil es sich bei jeder neuen Forschung ändern kann.“ „Jeder Mensch ist anders, aber über den Durchschnitt hinweg gibt es sicherlich eine Antwort.“
	Begründete Zustimmung	4	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage „Auf jede Frage in der Biomedizin lässt sich irgendwann eine eindeutige Antwort finden. Hat man diese Antwort	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der männlichen Person zustimmt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt: <ul style="list-style-type: none">• Es kann zunächst mehrere Ansätze geben, aber man muss sich irgendwann dann auf eine Lösung festlegen	„Es gibt natürlich mehrere Ansätze, aber man sollte nach Möglichkeit eine eindeutige Lösung finden.“ „Es gibt natürlich eine Antwort zu jeder Frage, aber die Wissenschaft forsch

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR SOPHISTIZIERTEREN POSITION			<i>einmal gefunden, so ist sie richtig und verändert sich auch nicht mehr.</i> “ der männlichen Person (grünes T-Shirt) zu.	<ul style="list-style-type: none"> Wenn ausreichend Zeit zur Verfügung steht, ist es auch möglich die richtige Lösung zu finden Es gibt zu jeder Frage eine Antwort, aber die Wissenschaft kann diese Antwort durch neue Erkenntnisse verbessern. 	<i>ja immer weiter und irgendwann findet man etwas Neues und „Besseres heraus.“ „Man braucht genügend Zeit, um die richtige Lösung zu finden.“</i>
	Unbegründete Zustimmung	5	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage <i>„Wie im Leben, so findet man auch in der Biomedizin nicht immer auf jede Frage eine eindeutige Antwort. Manchmal gibt es mehrere Antworten zwischen denen auch Wissenschaftler/innen der Biomedizin sich nicht festlegen können.“</i> der weiblichen Person (rotes/pinkes T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der weiblichen Person zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	<i>„Stimme der Frau zu.“ „Es kann oft mehrere richtige Lösungen geben und nicht nur eine.“</i>
	Inadäquat begründete Zustimmung	6	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage <i>„Wie im Leben, so findet man auch in der Biomedizin nicht immer auf jede Frage eine eindeutige Antwort. Manchmal gibt es mehrere Antworten zwischen denen auch Wissenschaftler/innen der Biomedizin sich nicht festlegen können.“</i> der weiblichen Person (rotes/pinkes T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	<p>Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der weiblichen Person zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.</p> <p>Als Begründung wird außerdem beispielsweise folgendes aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dass Wissenschaft sich stets im Wandel befindet und sich alles irgendwann verändern kann sowie jede Antwort durch bessere Methoden verändert werden kann und Forscher/innen sich irren können (Begründung aufgrund eines Bezugs zu anderer Dimension unpassend) Es gibt keine eindeutigen Antworten, weil es immer Ausnahmen gibt, bei denen es anders ist Unterschiedliche Reaktionen von Menschen auf Produkte/Medikamente 	<i>„(markiert: Mädchen hat Recht) Es gibt noch nicht für alles technische Geräte → Mädchen hat Recht. <u>Alles verändert sich irgendwann.</u>“ „Ich stimme dem Mädchen zu, da viele Wissenschaftler unterschiedliche Ergebnisse haben, <u>durch Veränderungen der Mechanismen etc.</u>“</i>

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ABWÄGENDE HALTUNG	Begründete Zustimmung	7	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage „Wie im Leben, so findet man auch in der Biomedizin nicht immer auf jede Frage eine eindeutige Antwort. Manchmal gibt es mehrere Antworten zwischen denen auch Wissenschaftler/innen der Biomedizin sich nicht festlegen können.“ der weiblichen Person (rotes/pinkes T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der weiblichen Person zustimmt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt: <ul style="list-style-type: none"> • Es kann unterschiedliche Ergebnisse (aus Experimenten, etc.) geben, sodass auch Wissenschaftler/innen über verschiedenen Antworten diskutieren (auch heutzutage sichtbar) • Es gibt verschiedene Lösungsmöglichkeiten für ein Problem, somit gibt es auch mehrere Antworten auf eine Frage • Beispiel: unterschiedliche Therapiemöglichkeiten • Man kann bei keiner Antwort sicher sagen, dass sie zu 100% richtig ist, sie kann immer wieder durch neue Erkenntnisse hinterfragt und widerlegt werden • Die Biomedizin ist ein komplexes Gebiet mit komplexen Problemen, sodass es immer nicht eindeutig zu beantwortende Fragen geben wird • Durch wiederholte Experimente und Studien können verschiedene Antworten entstehen, die eventuell alle ein anderes Ergebnis zeigen 	„Es gibt immer verschiedene Lösungsmöglichkeiten für ein Problem und so gibt es auch in der Biomedizin verschiedene Antworten auf eine Frage.“ „Ich denke, dass in der Wissenschaft oder in der Medizin nicht immer eindeutige Antworten geschlossen werden können. Manchmal entstehen durch wiederholte Tests und Experimente auch verschiedene Antworten und nicht eine eindeutige Antwort.“
	Unbegründetes Abwägen beider Aussagen	8	Diese Schülerinnen und Schüler wägen unbegründet die Aussagen beider Personen ab.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider Personen abwägt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Das Abwägen muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„Beides“ „Man kann dies nicht pauschalisieren, manchmal gibt es eine, manchmal mehrere.“ „Junge, bis auf es gibt mehrere Antworten.“
	Inadäquates Abwägen beider Aussagen	9	Diese Schülerinnen und Schüler wägen die Aussagen beider Personen ab, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider Personen abwägt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort	„Ich denke [...] nicht auf alles gibt es immer eine eindeutige Antwort, aber auf vieles schon. In der Wissenschaft kann man nicht „kreativ“ werden; eigentlich immer eindeutige Antworten.“ „Es gibt zu fast jeder Aussage/ Regel Ausnahmen, sodass ein Mensch auf ein bestimmtes Antibiotikum anders reagiert als jemand

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
			<p>ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen. Als Begründung wird außerdem beispielsweise folgendes aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dass Wissenschaft sich stets im Wandel befindet und sich alles irgendwann verändern kann sowie jede Antwort durch bessere Methoden verändert werden kann und Forscher/innen sich irren können (Begründung aufgrund eines Bezugs zu anderer Dimension unpassend) • Unterschiedliche Reaktionen des Menschen auf Antibiotika 	<p><i>anderes. Trotzdem gibt es meist eindeutige Ergebnisse, nur kann es dabei mehrere geben.“</i></p>
Begründetes Abwägen beider Aussagen	10	Diese Schülerinnen und Schüler wägen begründet die Aussagen beider Personen ab.	<p>Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet die Aussagen beider Personen abwägt. Als Begründung wird beispielsweise folgendes aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es sind mehrere Antworten möglich, aber Ziel ist es schon, durch Forschung Alternativen auszuschließen, um zu einer eindeutigen Antwort zu kommen • Aufgrund der Existenz von Ausnahmen, gibt es mehrere Antworten • Manche Antworten findet man nach gewisser Zeit, manche nie. 	<p><i>„Es gibt manchmal mehrere Antworten, aber wenn dies der Fall ist, forscht man weiter, um einige davon eventuell ausschließen zu können, von daher haben wahrscheinlich beide Recht.“</i> <i>„Wir stimmen dem Mädchen links zu. Nach kurzen Schwankungen, weil es vielleicht irgendwann exakte Antworten gibt, aber bis jetzt noch nicht.“</i> <i>„Ich glaube es gibt meistens eine richtige Antwort, aber viele Wege zur Lösung, weshalb die Antworten sich unterscheiden können.“</i></p>

Abschnitt Cartoon D: Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens

Für den Fall, dass im Feld D2 steht, dass sich ihre Meinung nicht geändert hat bzw. sie auf das Feld D1 verweisen, so ist für das Feld D2 die Einstufung der Antwort aus dem Feld D1 zu übernehmen. Hier stehen die Aussagen der beiden männlichen Personen im Vordergrund. Die Frage der weiblichen Person wird lediglich zusätzlich zur Einordnung in die Kategorien einbezogen.

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel	
KATEGORIENBLOCK: SONSTIGES	Daten fehlen	0	Antwortfelder, in denen nichts eingetragen wurde und somit keine Antwort vorliegt.	Diese Kategorie ist nur auszuwählen, wenn keine Antwort bzw. kein Antwortansatz vorliegen. Wurde eine Antwort gegeben, die nicht verständlich ist, so ist die Antwort der Kategorie „nicht zuordenbar“ hinzuzufügen.	-
	Nicht zuordenbar	1	Antworten, die sich keiner der folgenden Kategorien zuordnen lassen.	Antworten dieses Typs lassen sich den folgenden Kategorien nicht zuordnen.	„Man sollte Gewiss- und Sicherheit haben.“ „Man kann immer mal Fehler machen, wir sind nur Menschen.“ „Neue Medikamente → neue Resistenzen. Immer unterschiedliche Ergebnisse.“
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR NAIVEREN POSITION	Unbegründete Zustimmung	2	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage „Bei einem Experiment kommt doch sowieso immer das gleiche raus, man muss sie nicht mehrmals durchführen.“ der männlichen Person in der Mitte (dunkelgrüner Pullover) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person in der Mitte zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	-
	Inadäquat begründete Zustimmung	3	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage „Bei einem Experiment kommt doch sowieso immer das gleiche raus, man muss sie nicht mehrmals durchführen.“ der männlichen Person in der Mitte (dunkelgrüner Pullover) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person in der Mitte zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/ unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen. Geht zusätzlich aus der Antwort hervor, dass die Schülerin bzw. der Schüler, bezüglich der Frage der weiblichen Person angibt, dass Neugier und/oder Kreativität als nicht bedeutsam für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess erachtet werden, so ist die	-

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ZUSTIMMUNG ZUR SOPHISTIZIERTEREN POSITION	Begründete Zustimmung	4	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage „Bei einem Experiment kommt doch sowieso immer das gleiche raus, man muss sie nicht mehrmals durchführen.“ der männlichen Person in der Mitte (dunkelgrüner Pullover) zu.	Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen. Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der männlichen Person in der Mitte zustimmt. Geht zusätzlich aus der Antwort hervor, dass die Schülerin bzw. der Schüler, bezüglich der Frage der weiblichen Person angibt, dass Neugier und/oder Kreativität als nicht bedeutsam für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess erachtet werden, so ist die Antwort statt dieser Kategorie der Kategorie „inadäquat begründete Zustimmung zu der Aussage der männlichen Person in der Mitte zuzuordnen“.	-
	Unbegründete Zustimmung	5	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen unbegründet der Aussage „Nur, weil man einmal ein Experiment durchgeführt hat, kann man daraus noch keine Therapieempfehlungen ableiten.“ der männlichen Person auf der linken Seite (braunes T-Shirt) zu.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person auf der linken Seite zustimmt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Die Zustimmung muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„Stimme dem linken Jungen zu.“
	Inadäquat begründete Zustimmung	6	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen der Aussage „Nur, weil man einmal ein Experiment durchgeführt hat, kann man daraus noch keine Therapieempfehlungen ableiten.“ der männlichen Person auf der linken Seite (braunes T-Shirt) zu, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler der Aussage der männlichen Person auf der linken Seite zustimmt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/ unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen. Geht zusätzlich aus der Antwort hervor, dass die Schülerin bzw. der Schüler, bezüglich der Frage der weiblichen Person angibt, dass Neugier und/oder Kreativität als nicht bedeutsam für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess erachtet werden, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	„Man muss das Experiment immer wieder durchführen, da sich Resistenzen bilden.“ „Man muss viele Experimente machen, um eine Aussage zu beweisen.“ „Der linke Junge hat Recht, man kann Test in Bezug auf den menschlichen Körper nicht verallgemeinern. Der zweite Junge hat Unrecht. Ich finde, dass Neugier eine wichtige Rolle hat, aber Kreativität nicht wichtig.“ „Man kann keine Therapieempfehlung ableiten, da man meist unter verschiedenen Umständen experimentiert (Klima).“
	Begründete Zustimmung	7	Diese Schülerinnen und Schüler stimmen begründet der Aussage „Nur,	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet der Aussage der männlichen Person auf der linken	„Auf dem Ausflug haben wir ja auch gesehen, dass man am besten mehrmals ein

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie		Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
KATEGORIENBLOCK: ABWÄGENDE HALTUNG			<p>weil man einmal ein Experiment durchgeführt hat, kann man daraus noch keine Therapieempfehlungen ableiten.“ der männlichen Person auf der linken Seite (braunes T-Shirt) zu.</p>	<p>Seite zustimmt. Als Gründe für die Ansicht, dass Experimente mehrmals durchgeführt werden müssen, wird beispielsweise folgendes aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dass dies für ein präzises und genaues Arbeiten und die Vermeidung von Fehlern essentiell sei • Da ein einmaliges Durchführen eines Experiments keine Therapie- oder Behandlungsempfehlung zulässt • Dass beim mehrmaligen Durchführen unterschiedliche Ergebnisse rauskommen können <p>Die Antwort ist ebenfalls hier einzuordnen, wenn der Schülerin bzw. dem Schüler außerdem angemerkt wird, dass die Person auf der linken Seite nur teilweise Recht hat, da zusätzlich noch eine klinische Studie für eine Therapieempfehlung notwendig wäre.</p> <p>Geht aus der Antwort hervor, dass die Schülerin bzw. der Schüler, bezüglich der Frage der weiblichen Person angibt, dass Neugier und/oder Kreativität als nicht bedeutsam für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess erachtet werden, so ist die Antwort statt dieser Kategorie der Kategorie „inadäquat begründete Zustimmung zu der Aussage der männlichen Person auf der linken Seite“ zuzuordnen.</p>	<p>Experiment durchführt, um sich bei den Ergebnissen sicher zu sein; die Neugier und die Motivation eines Wissenschaftlers sind sehr wichtig. Man sollte immer den Drang haben etwas, das noch nicht gelöst wurde, zu lösen.“</p> <p>„Ich stimme dem linken Jungen zu, da ein Experiment beim Wiederholen durchführen immer unterschiedliche Antworten zeigen kann. Deswegen kann man beim einmaligen Durchführen keine sichere Diagnose feststellen.“</p>
	Unbegründetes Abwägen beider Aussagen	8	Diese Schülerinnen und Schüler wägen unbegründet die Aussagen beider Personen ab.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussagen beider männlichen Personen abwägt. Wird dabei keine Begründung gegeben und/ oder lediglich Inhalte der Aussage wiederholt, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Das Abwägen muss dabei nicht notwendigerweise wortwörtlich in der Antwort stehen. Sofern der Inhalt der Antwort darauf schließen lässt, kann die Antwort dieser Kategorie zugeordnet werden.	„Der linke Mann hat eindeutig Recht, man sollte so was immer öfters testen. Der Mann in der Mitte hat teilweise Recht.“
	Inadäquates Abwägen beider Aussagen	9	Diese Schülerinnen und Schüler wägen die Aussagen beider männlichen Personen ab, geben dafür aber eine inadäquate Begründung.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler die Aussage beider männlichen Personen abwägt. Wird dabei entweder eine fachlich inadäquate/ unpassende oder eine nicht stichhaltige Begründung gegeben oder nimmt die Begründung inhaltlich Bezug auf eine andere Dimension epistemischer Überzeugungen anstatt der in diesem Cartoon, so ist die Antwort dieser Kategorie zuzuordnen. Wird darüber hinaus in der Begründung die Formulierung des „Beweisens“ einer Aussage verwendet, so ist die Antwort	-

Bezeichnung des Kategorienblocks und der Kategorie	Code	Definition der Kategorie	Codierregel	Beispiel
			ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen. Geht zusätzlich aus der Antwort hervor, dass die Schülerin bzw. der Schüler, bezüglich der Frage der weiblichen Person angibt, dass Neugier und/oder Kreativität als nicht bedeutsam für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess erachtet werden, so ist die Antwort ebenfalls dieser Kategorie zuzuordnen.	
Begründetes Abwägen beider Aussagen	10	Diese Schülerinnen und Schüler wägen begründet die Aussagen beider Personen ab.	Antworten dieses Typs lässt sich entnehmen, dass die Schülerin bzw. der Schüler begründet die Aussagen beider männlichen Personen abwägt. Geht aus der Antwort hervor, dass die Schülerin bzw. der Schüler bezüglich der Frage der weiblichen Person angibt, dass Neugier und/oder Kreativität als nicht bedeutsam für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess sind, so ist die Antwort statt dieser Kategorie der Kategorie „ <i>inadäquates Abwägen beider Aussagen</i> “ zuzuordnen.	-

Anhang F: Transkriptionsregeln

Die Transkripte werden in zwei Durchgängen angefertigt: Im ersten Durchgang erfolgt die Transkripterstellung, im zweiten Durchgang die Kontrolle durch eine zweite Person. Durch die erste Person werden dabei stets Stellen im Transkript markiert, die mit Unsicherheiten bzw. Problemen bei der Transkription verbunden sind. Die Transkripte beginnen mit der Einleitung der Gruppendiskussion durch die Lehrperson, die die Nachbereitungsstunde durchführt (nach Seidel et al. (2003)). Die Transkripte enden mit der Beendigung der Gruppendiskussion durch die Lehrperson, die die Nachbereitungsstunde durchführt (nach Seidel et al. (2003)). Wenn Unsicherheiten darüber bestehen, welche Schülerin bzw. welcher Schüler gerade spricht, wird ein Fragezeichen zum Namen gesetzt. Daraufhin kann die kontrollierende Person im zweiten Durchgang erneut darauf achten, wer gerade gesprochen hat [...] (nach Seidel et al. (2003)). Um den Datenschutz zu gewährleisten, wurden an den einzelnen Gruppentischen Namensschilder mit den jeweiligen Codes für jede Schülerin bzw. jeden Schüler verwendet. Es ist dabei stets zu vermerken, welche Aussage zu welchem Code gehört. Des Weiteren ist für jeden Gruppentisch eine Liste anzufertigen, welche Codes zu diesem Gruppentisch gehören und wie oft sich die einzelnen Schüler/innen an dem Tisch jeweils an der Diskussion beteiligt haben (nach Seidel et al. (2003)).

Da bei der folgenden Analyse für uns besonders inhaltliche Aspekte der Gruppendiskussionen im Vordergrund stehen, haben wir uns bewusst für einfache und schnell erlernbare Transkriptionsregeln entschieden:

1 Transkriptionsregeln-Adaptiert nach Dressing & Pehl (2015)

Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden möglichst wortgenau ins Hochdeutsche übersetzt. Wenn keine eindeutige Übersetzung möglich ist, wird der Dialekt beibehalten, zum Beispiel: Ich gehe heuer auf das Oktoberfest.

1. Wortverschleifungen werden nicht transkribiert, sondern an das Schriftdeutsch angenähert. Beispielsweise „Er hatte noch so’n Buch genannt“ wird zu „Er hatte noch so ein Buch genannt“ und „hamma“ wird zu „haben wir“. Die Satzform wird beibehalten, auch wenn sie syntaktische Fehler beinhaltet, beispielsweise: „bin ich nach Kaufhaus gegangen“.
2. Wort- und Satzabbrüche sowie Stottern werden geglättet bzw. ausgelassen, Wortdoppelungen nur erfasst, wenn sie als Stilmittel zur Betonung genutzt werden: „Das ist mir sehr, sehr wichtig.“. „Ganze“ Halbsätze, denen nur die Vollendung fehlt, werden jedoch erfasst und mit dem Abbruchzeichen / gekennzeichnet.
3. Interpunktion wird zu Gunsten der Lesbarkeit geglättet, das heißt bei kurzem Senken der Stimme oder uneindeutiger Betonung wird eher ein Punkt als ein Komma gesetzt. Dabei sollen Sinneinheiten beibehalten werden.
4. Pausen werden durch drei Auslassungspunkte in Klammern (...) markiert.

5. Verständnissignale des gerade nicht Sprechenden wie „mhm, aha, ja, genau, ähm“ etc. werden nicht transkribiert. AUSNAHME: Eine Antwort besteht NUR aus „mhm“ ohne jegliche weitere Ausführung. Dies wird als „mhm (bejahend)“, oder „mhm (verneinend)“ erfasst, je nach Interpretation.
6. Besonders betonte Wörter oder Äußerungen werden durch GROSSSCHREIBUNG gekennzeichnet.
7. Jeder Sprecherbeitrag erhält eigene Absätze. Zwischen den Sprechern gibt es eine freie, leere Zeile. Auch kurze Einwürfe werden in einem separaten Absatz transkribiert. Mindestens am Ende eines Absatzes werden Zeitmarken eingefügt.
8. Emotionale nonverbale Äußerungen der sprechenden Person, die die Aussage unterstützen oder verdeutlichen (etwa wie lachen oder seufzen), werden beim Einsatz in Klammern notiert.
9. Unverständliche Wörter werden mit (unv.) gekennzeichnet. Längere unverständliche Passagen sollen möglichst mit der Ursache versehen werden (unv., Handystörgeräusch) oder (unv., Mikrofon rauscht). Vermutet man einen Wortlaut, ist sich aber nicht sicher, wird das Wort bzw. der Satzteil mit einem Fragezeichen in Klammern gesetzt. Zum Beispiel: (Xylomethanolin?). Generell werden alle unverständlichen Stellen mit einer Zeitmarke versehen, wenn innerhalb von einer Minute keine Zeitmarke gesetzt ist.
10. Die jeweils sprechende Person wird mit ihrem dazugehörigen Code (siehe Videoaufnahme) gekennzeichnet.
11. Das Transkript wird als Microsoft®Word (.doc-Datei) gespeichert. Benennung der Datei entsprechend des Audiodateinamens (ohne Endung wav, mp3). Beispielsweise: *Humboldtschule_9_Reinhard_24.05.18_WS832-2-Disc4.doc*.
12. Sprecherüberlappungen werden mit // gekennzeichnet. Bei Beginn des Einwurfes folgt ein //. Der Text, der gleichzeitig gesprochen wird, liegt dann innerhalb dieser // und der Einwurf der anderen Person steht in einer separaten Zeile und ist ebenfalls mit // gekennzeichnet.

2 Hinweise zur einheitlichen Schreibweise

1. Zeichen und Abkürzungen werden ausgeschrieben, zum Beispiel Prozent, Meter und so weiter.
2. Wortverkürzungen wie „runtergehen“ statt „heruntergehen“ oder „mal“ statt „einmal“ werden genauso geschrieben, wie sie gesprochen werden.
3. Englische Begriffe werden nach deutschen Rechtschreibregeln in Groß- und Kleinschreibung behandelt.
4. Anredepronomen der zweiten Person (du und ihr) werden klein geschrieben, die Höflichkeitsanrede-Pronomen (Sie und Ihnen) werden großgeschrieben.
5. Zahlen werden wie folgt dargestellt:
 - a. Zahlen null bis zwölf im Fließtext mit Namen, größere in Ziffern.
 - b. Auch weitere Zahlen mit kurzen Namen schreibt man aus, vor allem runde: zwanzig, hundert, dreitausend.
 - c. Dezimalzahlen und mathematische Gleichungen sind stets in Ziffern zu schreiben. Also: „ $4 + 5 = 9$ “ und „3,5“.

- d. Bei nur ungefähr gemeinten Zahlenangaben schreibe man den Zahlennamen, bei exakt gemeinten die Ziffernform. Also: „Die fünfzig Millionen Euro Staatshilfe“.
- e. Wo feste Konventionen zugunsten einer Schreibweise herrschen, befolge man diese. Hausnummern, Seitenzahlen, Telefonnummern, Kontonummern, Datum oder Ähnliches werden nie ausgeschrieben. Also: „auf Seite 11“ und „Am Markt 3“.
- 6. Auch Redewendungen/Idiome werden wörtlich und in Standarddeutsch wiedergegeben, z.B. „übers Ohr hauen“ (statt: über das Ohr hauen).
- 7. Wird in der Aufnahme wörtliche Rede zitiert, wird das Zitat in Anführungszeichen gesetzt: und ich sagte dann „Na, dann schauen wir mal“.
- 8. Einzelbuchstaben: immer großschreiben, zum Beispiel „wie Vogel mit V“.
- 9. Aufzählungen: ein großer Buchstabe ohne Klammer.

3 Beispieltranskript

Beispieltranskript nach diesem Regelsystem (ohne Erweiterungen):

I: Okay, was erwarten Sie von Ihrem neuen Studiengang in Hamburg?

#00:01:01-0#

B: Ach, da erwarte ich erst einmal, dass ich natürlich ziemlich viel neue Sachen lerne über die Kriminologie und über den juristischen Zweig. Also Diplom-Pädagogik hatte ich ja in MARBURG mit dem Nebenfach Soziologie und Friedens- und Konfliktforschung, und jetzt möchte ich gerne die juristische Seite mehr kennen lernen und neue Leute kennen lernen und neue Eindrücke. Und ja, einen ganz neuen Berufszweig auch (erkunden?). #00:01:26-1#

I: Ja und stellst du dir das Zusammenarbeit zwischen Jugendlichen vor oder?

#00:02:11-2#

B: Bis jetzt habe ich noch keine genauen Vorstellungen und es gibt für den Berufszweig oder für den Kriminologen an sich gibt es nicht so einen bestimmten Berufsalltag oder Berufs (...), wie soll man sagen, ja so einen Beruf und man kann halt auch wieder sehr viel machen. #00:02:32-4#

Anhang G: Weitere Ergebnisse

Tabelle 30: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) im Fachwissen, dem individuellen Interesse und dem Vertrauen in die Wissenschaft(ler/innen) zu den drei Messzeitpunkten.

	Gruppe	Fachwissen	Individuelles Interesse	Vertrauen
Prä	Kontrollgruppe	-0.63 (0.73)	2.94 (0.56)	3.50 (0.60)
	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	-0.52 (0.72)	2.76 (0.64)	3.62 (0.60)
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	-0.72 (0.86)	2.84 (0.51)	3.50 (0.56)
	Gesamt	-0.63 (0.79)	2.84 (0.57)	3.53 (0.58)
Post	Kontrollgruppe	-0.58 (0.75)	2.96 (0.55)	3.59 (0.61)
	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	1.11 (0.94)	2.92 (0.63)	3.60 (0.54)
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	0.69 (1.00)	2.82 (0.52)	3.51 (0.58)
	Gesamt	0.49 (1.13)	2.89 (0.56)	3.56 (0.58)
Follow-up	Kontrollgruppe	-0.79 (0.76)	2.84 (0.54)	3.49 (0.76)
	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	0.65 (1.08)	2.75 (0.63)	3.60 (0.76)
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	0.50 (0.94)	2.71 (0.62)	3.52 (0.59)
	Gesamt	0.21 (1.11)	2.76 (0.61)	3.54 (0.69)












Tabelle 31: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Interventionsgruppen hinsichtlich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung.

	Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>
Situationales Interesse	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	3.85	0.74
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	3.64	0.70
	Gesamt	3.73	0.73
Kognitive Belastung	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	3.10	0.77
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	3.18	0.81
	Gesamt	3.14	0.79

Tabelle 32: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der vier Dimensionen epistemischer Überzeugungen zu den drei Messzeitpunkten.

	Gruppe	Sicherheit	Entwicklung	Quelle	Rechtfertigung
Prä	Kontrollgruppe	4.16 (0.53)	4.43 (0.46)	3.10 (0.66)	4.40 (0.43)
	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	4.18 (0.59)	4.49 (0.43)	2.93 (0.56)	4.40 (0.33)
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	4.14 (0.48)	4.37 (0.42)	3.13 (0.60)	4.32 (0.32)
	Gesamt	4.15 (0.52)	4.42 (0.44)	3.06 (0.61)	4.36 (0.36)
Post	Kontrollgruppe	4.16 (0.57)	4.32 (0.52)	3.31 (0.67)	4.33 (0.53)
	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	4.17 (0.65)	4.43 (0.56)	3.25 (0.68)	4.39 (0.50)
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	4.09 (0.55)	4.26 (0.51)	3.21 (0.72)	4.35 (0.45)
	Gesamt	4.13 (0.59)	4.33 (0.53)	3.25 (0.69)	4.36 (0.49)
Follow-up	Kontrollgruppe	4.06 (0.61)	4.33 (0.46)	3.27 (0.74)	4.27 (0.60)
	Interventionsgruppe (1) <i>implizit</i>	4.11 (0.58)	4.42 (0.60)	3.19 (0.69)	4.33 (0.63)
	Interventionsgruppe (2) <i>explizit</i>	4.01 (0.63)	4.17 (0.58)	3.16 (0.70)	4.19 (0.59)
	Gesamt	4.05 (0.61)	4.29 (0.56)	3.19 (0.71)	4.25 (0.60)

Tabelle 33: Übersicht der absoluten und relativen Häufigkeiten der (nicht) aufgetretenen Pfade.²⁸

Aufgetretene Pfade	Absolute Häufigkeit	Prozentuale Häufigkeit (%)
	1	< 1
	11	3
	12	4
	116	35
	1	< 1
	8	2
	9	3
	3	1
	14	4
	153	46
Nicht aufgetretene Pfade		
	0	0
		
		
		
		
		
		
		

²⁸ Die fehlenden Prozente gehen auf fehlende Daten zurück.

Tabelle 34: Bivariate Korrelationen zwischen dem individuellen Interesse, dem Vertrauen und dem Fachwissen in der Gesamtstichprobe zum Prä-Messzeitpunkt.

	Individuelles Interesse an Biomedizin	Vertrauen in die Wissenschaft (Ier/innen)	Vorwissen
Individuelles Interesse an Biomedizin	-	.18**	-.09
Vertrauen in die Wissenschaft(Ier/innen)		-	-.03
Vorwissen			-

Notiz: Hierbei steht ** für $p < .01$ (2-seitig).

Tabelle 35: Interkorrelationen der epistemischen Überzeugungen zum Prä- Messzeitpunkt.

Skala (Prä)	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Sicherheit	-	.33**	.42**	.19**
(2) Entwicklung		-	.19**	.50**
(3) Quelle			-	.07
(4) Rechtfertigung				-

Notiz: Hierbei steht ** für $p < .01$.

Tabelle 36: Interkorrelationen der epistemischen Überzeugungen zum Post- Messzeitpunkt.

Skala (Post)	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Sicherheit	-	.51**	.43**	.37**
(2) Entwicklung		-	.10	.61**
(3) Quelle			-	.03
(4) Rechtfertigung				-

Notiz: Hierbei steht ** für $p < .01$.

Tabelle 37: Interkorrelationen der epistemischen Überzeugungen zum Follow-up- Messzeitpunkt.

Skala (Follow-up)	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Sicherheit	-	.60**	.38**	.50**
(2) Entwicklung		-	.14*	.76**
(3) Quelle			-	.03
(4) Rechtfertigung				-

Notiz: Hierbei steht * für $p < .05$ und ** für $p < .01$.

Anhang H: Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse zur Subgruppe des unverbindlichen Profils

Schüler Nr. 1, 10.Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-37 Cartoon A	<p>{Notiz: Schüler 146 denkt, dass sich biologische Körper im Laufe der Zeit verändern und deswegen {sich} eine These {verändern kann}. Schülerin 2 fragt, ob irgendjemand anderer Meinung ist, als dass wissenschaftliche Belege auch widerlegt werden können? Schülerin 131 entgegnet, dass sie sich gegebenenfalls verändern können und Bakterien würden sich ja auch weiterentwickeln. Schülerin 2 entgegnet, dass es mittlerweile ja auch Resistenzen gibt, die es vorher nicht gegeben hat. Schülerin 120 entgegnet, dass es sich auf jeden Fall verändert. Schüler 146 stimmt zu, dass die Aussage der Frau nicht stimmt, weil sich eine Aussage in 100 Jahren verändert haben kann.}</p> <p><i>{Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i></p>	<p>(A1) Es muss immer nach einiger Zeit hinterfragt werden.</p> <p>(A2) Biologische Körper verändern sich im Laufe der Zeit.</p>
Zeile 38-49 Cartoon B	<p>{Notiz: Schüler 146 ist der Auffassung, dass man immer alles hinterfragen muss. Schülerin 2 würde sich mehrere Studien angucken. Wenn nur eine existiert, würde sie sich darauf nicht verlassen. Ein Gruppenmitglied entgegnet, dass immer etwas falsch sein kann. Schülerin 131 entgegnet, dass es schon ratsam ist, in Betracht zu ziehen, dass sich Wissenschaftler/innen (gut auskennen?). Schülerin 2 denkt, dass man sich trotzdem eine zweite Meinung einholen sollte und auch Schüler 146 denkt, dass man trotzdem hinterfragen sollte. }</p> <p><i>{Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i></p>	<p>(B1) Es ist nicht immer alles richtig und muss hinterfragt werden.</p> <p>(B2) Es ist nicht immer alles richtig und muss hinterfragt werden.</p>
Zeile 50-70 Cartoon C	<p>{Notiz: Schülerin 2 denkt, dass sich alles verändern und wandeln kann.}</p> <p>Ich fand die Formulierung von Schüler 146 so schön {<i>Es kann sich alles verändern oder im Wandel befinden</i>}.</p> <p>{Notiz: Schülerin 2 fragt die anderen, ob es eine oder mehrere Antworten gebe. Die anderen entgegneten, dass es beides gebe: genau eine Antwort und manchmal auch mehrere. Schülerin 131 denkt, dass es vielleicht wirklich nur eine Antwort gebe.}</p>	<p>(C1) Es kann sich alles verändern oder im Wandel befinden.</p> <p>(C2) Es kann sich alles verändern oder im Wandel befinden.</p>
Zeile 71-107 Cartoon D	<p>{Notiz: Schülerin 2 denkt, dass man immer mehrere Experimente machen sollte und auf Fakten achten muss, die das Ergebnis des Experiments beeinflussen können. Schülerin 131 denkt, dass nach gewisser Zeit immer alles nochmal überprüft werden muss, weil es</p>	<p>(D1) Man muss Gewiss{heit} und Sicherheit haben.</p>

	immer neue Methoden gibt. Schülerin 120 entgegnet, dass ein Experiment nicht nur einmal durchgeführt werden darf.} {Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}	(D2) Man muss Gewiss{heit} und Sicherheit haben.
--	---	--

Geordnete Aussagen

Zeile 1-37: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur linken männlichen Person (Erste Version) Es muss immer nach einiger Zeit hinterfragt werden. (Zweite Version) Biologische Körper verändern sich im Laufe der Zeit. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten Die gesamte Diskussion ist weniger auf der Metaebene, sondern sehr im Kontext Antibiotikaresistenz/ Bakterien. Schüler 1 scheint dadurch seine allgemein formulierte Meinung aus dem ersten Feld in eine mehr auf das fachliche Thema bezogene Formulierung geändert zu haben. {Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}
Zeile 38-49: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur weiblichen Person Es ist nicht immer alles richtig und muss hinterfragt werden. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten Obwohl die anderen nicht alle dieselbe Meinung haben wie Schüler 1 (manche sind schon der Auffassung, dass man in Betracht ziehen sollte, dass Wissenschaftler/innen sich gut auskennen), ändert Schüler 1 seine schriftliche Meinungsäußerung im zweiten Feld nicht und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. {Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}
Zeile 50-70: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur weiblichen Person? Es kann sich alles verändern oder im Wandel befinden. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten Obwohl in der Diskussion diskutiert wird, ob es eine oder mehrere Antworten gebe, geht Schüler 1 darauf im zweiten Feld der Meinungsäußerung nicht ein und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. Dieses scheint die Formulierung von Schüler 146 zu sein, da Schüler 1 in der Diskussion sagt, dass er die Formulierung von Schüler 146 so schön fand.
Zeile 71-107: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt? Man muss Gewiss{heit} und Sicherheit haben. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten Die anderen diskutieren darüber, dass Experimente mehrmals gemacht werden müssen. Trotz der guten Bemerkungen der anderen geht Schüler 1 darauf im zweiten Feld der Meinungsäußerung nicht ein und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. {Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}

Explikation

Zeile 1-37: Cartoon A & schriftliche	(Zustimmung zur linken männlichen Person) Die gesamte Diskussion ist weniger auf der Metaebene, sondern sehr im Kontext Antibiotikaresistenz/ Bakterien. Schüler 1 scheint dadurch seine allgemein formulierte Meinung aus dem ersten Feld in eine mehr auf das fachliche Thema bezogene Formulierung geändert zu haben. Im ersten Feld gibt Schüler 1 an, dass wissenschaftliche Aussagen immer
--	---

Cartoon-Antwort	nach einiger Zeit hinterfragt werden müssten. In dem zweiten Feld der Meinungsäußerung bezieht Schüler 1 seine Meinung dann mehr auf den fachlichen Inhalt und gibt an, dass sich biologische Körper im Laufe der Zeit verändern würden. <i>*Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>
Zeile 38-49: Cartoon B & schriftliche Cartoon-Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 1 ist der Auffassung (erstes Feld der Meinungsäußerung), dass nicht immer alles richtig ist und deshalb hinterfragt werden sollte. Obwohl die anderen nicht alle dieselbe Meinung haben wie Schüler 1 (manche sind schon der Auffassung, dass man in Betracht ziehen sollte, dass Wissenschaftler/innen sich gut auskennen), ändert Schüler 1 seine schriftliche Meinungsäußerung im zweiten Feld nicht und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. <i>*Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>
Zeile 50-70: Cartoon C & schriftliche Cartoon-Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person?) Schüler 1 ist der Auffassung, dass sich alles verändern kann oder im Wandel befinde (erstes Feld der Meinungsäußerung). Obwohl diskutiert wird, ob es eine oder mehrere Antworten gebe, geht Schüler 1 darauf im zweiten Feld der Meinungsäußerung nicht ein und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. Dieses scheint die Formulierung von Schüler 146 zu sein, da Schüler 1 in der Diskussion sagt, dass er die Formulierung von Schüler 146 so schön fand.
Zeile 71-107: Cartoon D & schriftliche Cartoon-Antwort	(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt?) Schüler 1 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung, dass man Gewissheit und Sicherheit haben müsse. Die anderen diskutieren darüber, dass Experimente mehrmals gemacht werden müssen. Trotz der guten Bemerkungen der anderen geht Schüler 1 darauf im zweiten Feld der Meinungsäußerung nicht ein und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. <i>*Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>

Einzelstrukturierung

Zeile 1-37: Cartoon A & schriftliche Cartoon-Antwort	(Zustimmung zur linken männlichen Person) <i>Die gesamte Diskussion ist weniger auf der Metaebene, sondern sehr im Kontext Antibiotikaresistenz/ Bakterien. Schüler 1 scheint dadurch seine allgemein formulierte Meinung aus dem ersten Feld in eine mehr auf das fachliche Thema bezogene Formulierung geändert zu haben.</i> <ul style="list-style-type: none"> • (Feld A1) Wissenschaftliche Aussagen müssten immer nach einiger Zeit hinterfragt werden. • (Feld A2) Biologische Körper würden sich im Laufe der Zeit verändern. <i>*Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>
Zeile 38-49: Cartoon B & schriftliche Cartoon-Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person) <ul style="list-style-type: none"> • (Feld B1) Es sei nicht immer alles richtig und sollte deshalb hinterfragt werden. <i>Obwohl die anderen nicht alle dieselbe Meinung haben wie Schüler 1 (manche sind schon der Auffassung, dass man in Betracht ziehen sollte, dass Wissenschaftler/innen sich gut auskennen), ändert Schüler 1 seine schriftliche Meinungsäußerung im zweiten Feld nicht und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld.</i>

	<i>*Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>
Zeile 50-70: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person?)</p> <ul style="list-style-type: none"> (Feld C1) Es könne sich alles verändern oder im Wandel befinden (erstes Feld der Meinungsäußerung). <p><i>Obwohl diskutiert wird, ob es eine oder mehrere Antworten gebe, geht Schüler 1 darauf im zweiten Feld der Meinungsäußerung nicht ein und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld. Dieses scheint die Formulierung von Schüler 146 zu sein, da Schüler 1 in der Diskussion sagt, dass er die Formulierung von Schüler 146 so schön fand.</i></p>
Zeile 71-107: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt?)</p> <ul style="list-style-type: none"> (Feld D1) Man müsse Gewissheit und Sicherheit haben. <p><i>Die anderen diskutieren darüber, dass Experimente mehrmals gemacht werden müssen. Trotz der guten Bemerkungen der anderen geht Schüler 1 darauf im zweiten Feld der Meinungsäußerung nicht ein und übernimmt den gleichen Text aus dem ersten Antwortfeld.</i></p> <p><i>*Schüler 1 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>

Schülerin Nr. 2, 10. Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-37 Cartoon A	<p>{Notiz: Schüler 146 denkt, dass sich biologische Körper im Laufe der Zeit verändern und deswegen {sich} eine These {verändern kann}.</p> <p>Hat irgendjemand eine andere Meinung, außer dass wissenschaftliche Belege auch widerlegt werden können?</p> <p>{Notiz: Schülerin 131 entgegnet, dass sie sich gegebenenfalls verändern können und Bakterien würden sich ja auch weiterentwickeln.}</p> <p>Es gibt mittlerweile auch Resistenzen, die es vorher nicht gegeben hat.</p> <p>{Notiz: Schülerin 120 entgegnet, dass es sich auf jeden Fall verändert. Schüler 146 stimmt zu, dass die Aussage der Frau nicht stimmt, weil sich eine Aussage in 100 Jahren verändert haben kann.}</p>	<p>(A1) {Es ist eine} unlogische Antwort. {Es ist} widersprüchlich.</p> <p>(A2) Es gibt immer Veränderungen.</p>
Zeile 38-49 Cartoon B	<p>{Notiz: Schüler 146 ist der Auffassung, dass man immer alles hinterfragen muss.}</p> <p>Ich würde mir mehrere Studien angucken. Wenn nur eine existiert, würde ich nicht darauf vertrauen.</p> <p>{Notiz: Ein Gruppenmitglied stimmt zu, da ja auch immer etwas falsch sein kann. Schülerin 131 sagt, dass es aber ratsam ist in Betracht zu ziehen, dass Wissenschaftler (sich auskennen?).}</p>	<p>(B1) Man sollte nicht nur auf eine Studie vertrauen {und sich das} auch im Vergleich angucken.</p> <p>(B2) Siehe Cartoon B.</p>

	<p>Ja, {man sollte} auf jeden Fall {in Betracht ziehen, dass Wissenschaftler (sich auskennen?)}. Aber man muss sich immer} eine zweite Meinung einholen.</p> <p>{Notiz: Schüler 146 sagt wieder, dass man alles hinterfragen muss.}</p>	
<p>Zeile 50-70 Cartoon C</p>	<p>Es kann sich alles verändern und wandeln.</p> <p>{Notiz: Schüler 146 wiederholt das gleiche.}</p> <p>Wie im Leben, so findet sich auch in der Biomedizin nicht auf jede Frage genau eine Antwort, {sondern} mehrere Antworten. Das ist {doch} im Prinzip das gleich wie {im Cartoon} B.</p> <p>{Notiz: Schüler 146 widerspricht}</p> <p>Gibt es mehrere Antworten oder immer nur eine?</p> <p>{Notiz: Ein anderes Gruppenmitglied entgegnet, dass es natürlich beides gibt. Manchmal gibt es nur eine Antwort und manchmal mehrere. Schülerin 131 denkt, dass es vielleicht wirklich nur eine Antwort gibt und alles möglich sei.}</p>	<p>(C1) Ja, es gibt mehrere Antworten auf eine Frage. Es muss nicht pauschal richtig oder falsch sein.</p> <p>(C2) Es kommt darauf an, muss aber nicht pauschal eine Antwort geben.</p>
<p>Zeile 71-107 Cartoon D</p>	<p>Ich habe geschrieben, dass man mehrere Experimente machen sollte und immer auf die Fakten achten {muss}, weil die das Ergebnis des Experiments beeinflussen können.</p> <p>{Notiz: Schülerin 131 denkt, dass nach gewisser Zeit immer alles nochmal überprüft werden muss, weil es immer neue Methoden gibt. Schülerin 120 entgegnet, dass ein Experiment nicht nur einmal durchgeführt werden darf.}</p>	<p>(D1) Man sollte immer mehrere Experimente machen, und immer auf Faktoren achten. {Diese} können auch das Experimentergebnis beeinflussen.</p> <p>(D2) Siehe Cartoon D.</p>

Geordnete Aussagen

<p>Zeile 1-37: Cartoon A & schriftliche Cartoon-Antwort</p>	<p>Keine Zuordnung möglich (Erste Version, A1) {Es ist eine} unlogische Antwort. {Es ist} widersprüchlich.</p> <p>Zustimmung zur linken männlichen Person (Diskussionsbeitrag) Hat irgendjemand eine andere Meinung, außer dass wissenschaftliche Belege auch widerlegt werden können? Es gibt mittlerweile auch Resistenzen, die es vorher nicht gegeben hat. (Zweite Version, A2) Es gibt immer Veränderungen.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten Die gesamte Diskussion ist weniger auf der Metaebene, sondern sehr im Kontext Antibiotikaresistenz/ Bakterien. Obwohl Schülerin 2 sich in der Diskussion mit inhaltlich relevanten Beiträgen beteiligt, hat sie im ersten Feld geschrieben „{Es</p>
---	---

	<i>ist eine} unlogische Antwort. {Es ist} widersprüchlich.“, was sie dann im zweiten Feld in eine inhaltlich passendere Aussage umformuliert.</i>
Zeile 38-49: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur weiblichen Person (Erste Version, B1) Man sollte nicht nur auf eine Studie vertrauen {und sich das} auch im Vergleich angucken. (Diskussionsbeitrag) Ich würde mir mehrere Studien angucken. Wenn nur eine existiert, würde ich nicht darauf vertrauen.</p> <p>Leichtes Abwägen nach Diskussionsbeitrag der anderen Ja, {man sollte} auf jeden Fall {in Betracht ziehen, dass Wissenschaftler (sich auskennen?). Aber man muss sich immer} eine zweite Meinung einholen.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Die anderen Gruppenmitglieder sind auch eher der Auffassung, dass man hinterfragen sollte. Nachdem Schülerin 131 geäußert hat, dass es trotzdem sinnvoll sei in Betracht zu ziehen, dass Wissenschaftler/innen sich gut auskennen, erkennt das Schülerin 2 an, sagt aber direkt hinterher, dass man trotzdem hinterfragen sollte.</i></p>
Zeile 50-70: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur weiblichen Person Ja, es gibt mehrere Antworten auf eine Frage. Es muss nicht pauschal richtig oder falsch sein.</p> <p>Nicht zuordenbar (Diskussionsbeitrag) Es kann sich alles verändern und wandeln.</p> <p>Fragend (Diskussionsbeitrag) Gibt es mehrere Antworten oder immer nur eine?</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schülerin 2 denkt, dass der Inhalt von Cartoon B der gleiche ist wie bei Cartoon C. Sie fragt während der Diskussion die anderen, ob es denn nun eine oder mehrere Antworten gebe. Ein anderes Gruppenmitglied entgegnet, dass es natürlich beides gibt bzw. beides möglich sei, während Schülerin 131 denkt, dass es nur eine Antwort gebe.</i></p>
Zeile 71-107: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt Man sollte immer mehrere Experimente machen, und immer auf Faktoren achten. {Diese} können auch das Experimentergebnis beeinflussen.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten -</p>

Explikation

Zeile 1-37: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Keine Zuordnung möglich) Schülerin 2 schreibt im ersten Feld A1, dass es eine unlogische Antwort sei und dass es widersprüchlich sei. Aus der ersten schriftlichen Äußerung lässt sich zunächst keine konkrete Zustimmung bzw. Positionierung von Schülerin 2 entnehmen.</p> <p>(Zustimmung zur linken männlichen Person) Obwohl Schülerin 2 im ersten Feld A1 eine nicht zuordenbare Aussage formuliert hat, beteiligt Schülerin 2 sich in</p>
---	---

	<p>der Diskussion mit inhaltlich relevanten Beiträgen. Die gesamte Diskussion ist weniger auf der Metaebene, sondern sehr im Kontext Antibiotikaresistenz/ Bakterien. Schülerin 2 fragt dabei, ob irgendjemand eine andere Meinung habe, außer dass wissenschaftliche Belege auch widerlegt werden können. Schülerin 2 ergänzt, dass es mittlerweile auch Resistenzen gebe, die es vorher nicht gegeben habe. In dem zweiten Feld der Meinungsäußerung hat Schülerin 2 dann ihre vorher nicht zuordenbare Aussage umformuliert und gibt an, dass es immer Veränderungen gebe.</p>
<p>Zeile 38-49: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort</p>	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Schülerin 2 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung B1, dass man nicht nur auf eine Studie vertrauen, sondern sich das auch im Vergleich angucken sollte. Nachdem Schülerin 131 in der Diskussion geäußert hat, dass es trotzdem sinnvoll sei, in Betracht zu ziehen, dass Wissenschaftler/innen sich gut auskennen, erkennt das Schülerin 2 an (siehe „<i>Leichtes Abwägen nach Diskussionsbeitrag der anderen</i>“). Sie sagt aber direkt hinterher, dass sie sich trotzdem mehrere Studien angucken würde und wenn nur eine existiere, sie sich nicht darauf verlassen würde (Wiederholung vom schriftlichen Beitrag aus Feld B1).</p> <p>(Leichtes Abwägen nach Diskussionsbeitrag der anderen) Schülerin 2 stimmt Schülerin 131 zu, dass man auf jeden Fall in Betracht ziehen sollte, dass Wissenschaftler/innen sich auskennen (?), aber man sich dennoch eine zweite Meinung einholen sollte (und ergänzt den Teil, welcher auch schon der schriftlichen Meinungsäußerung in Feld B1 zu entnehmen war, siehe „<i>Zustimmung zur weiblichen Person</i>“).</p>
<p>Zeile 50-70: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort</p>	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Schülerin 2 denkt, dass es mehrere Antworten auf eine Frage geben könne und es nicht pauschal richtig oder falsch sein müsse (Ähnliche schriftliche Beiträge in Feld C1 und C2).</p> <p>(Nicht zuordenbar) Schülerin 2 beginnt die Diskussion zu diesem Cartoon mit der Aussage, dass sich alles verändern und wandeln könne. Diese Antwort lässt sich im Rahmen dieses Cartoons nicht zuordnen.</p> <p>(Fragend) (Diskussionsbeitrag) Schülerin 2 fragt während der Diskussion die anderen, ob es mehrere Antworten oder immer nur eine geben würde. Ein anderes Gruppenmitglied entgegnet, dass es natürlich beides gibt/beides möglich sei, während Schülerin 131 denkt, dass es nur eine Antwort gebe. Diese Äußerungen scheinen Schülerin 2 nicht dazu zu bringen, die schriftliche Antwort im Feld C2 zu verändern.</p> <p>Schülerin 2 denkt, dass der Inhalt von Cartoon B der gleiche ist, wie bei Cartoon C.</p>
<p>Zeile 71-107: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort</p>	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) Schülerin 2 ist der Auffassung, dass man immer mehrere Experimente machen und immer auf Faktoren achten sollte, da diese auch das Experimentergebnis beeinflussen könnten.</p>

Einzelstrukturierung

Zeile 1-37: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Keine Zuordnung möglich) <i>Schülerin 2 schreibt im ersten Feld A1, dass es eine unlogische Antwort sei und dass es widersprüchlich sei. Aus der ersten schriftlichen Äußerung lässt sich zunächst keine konkrete Zustimmung bzw. Positionierung von Schülerin 2 entnehmen.</i></p> <p>(Zustimmung zur linken männlichen Person) <i>Obwohl Schülerin 2 im ersten Feld A1 eine nicht zuordenbare Aussage formuliert hat, beteiligt Schülerin 2 sich in der Diskussion mit inhaltlich relevanten Beiträgen. Die gesamte Diskussion ist weniger auf der Metaebene, sondern sehr im Kontext Antibiotikaresistenz/ Bakterien.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Schülerin 2 fragt dabei, ob irgendjemand eine andere Meinung habe, außer dass wissenschaftliche Belege auch widerlegt werden können. • Es gebe mittlerweile auch Resistenzen, die es vorher nicht gegeben habe. • (In Feld A2, Umformulierung der vorher nicht zuordenbaren Aussage) Es gebe immer Veränderungen.
Zeile 38-49: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Feld B1) Man solle nicht nur auf eine Studie vertrauen, sondern sich das auch im Vergleich angucken • (Nachdem Schülerin 131 in der Diskussion geäußert hat, dass es trotzdem sinnvoll sei in Betracht zu ziehen, dass Wissenschaftler/innen sich gut auskennen, erkennt das Schülerin 2 an (siehe „Leichtes Abwägen nach Diskussionsbeitrag der anderen“). Sie sagt aber direkt hinterher,) dass sie sich trotzdem mehrere Studien angucken würde und wenn nur eine existiere, sie sich nicht darauf verlassen würde (Wiederholung vom schriftlichen Beitrag aus Feld B1). <p>(Leichtes Abwägen nach Diskussionsbeitrag der anderen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Zustimmung zu Schülerin 131), dass man auf jeden Fall in Betracht ziehen sollte, dass Wissenschaftler sich auskennen (?), aber man sich dennoch eine zweite Meinung einholen sollte (und ergänzt den Teil, welcher auch schon der schriftlichen Meinungsäußerung in Feld B1 zu entnehmen war, siehe „Zustimmung zur weiblichen Person“).
Zeile 50-70: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es könne mehrere Antworten auf eine Frage geben und es müsse nicht pauschal richtig oder falsch sein <p><i>(Ähnliche schriftliche Beiträge in Feld C1 und C2)</i></p> <p>(Nicht zuordenbar) <i>Schülerin 2 beginnt die Diskussion zu diesem Cartoon mit der Aussage, dass sich alles verändern und wandeln könne. Diese Antwort lässt sich im Rahmen dieses Cartoons nicht zuordnen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ? (Diskussionsbeitrag) Schülerin 2 fragt während der Diskussion die anderen, ob es mehrere Antworten oder immer nur eine geben würde. <p><i>Ein anderes Gruppenmitglied entgegnet, dass es natürlich beides gibt bzw. beides möglich sei, während Schülerin 131 denkt, dass es nur eine Antwort gebe.</i></p>

	<i>Diese Äußerungen scheinen Schülerin 2 nicht dazu zu bringen, die schriftliche Antwort im Feld C2 zu verändern; Schülerin 2 denkt, dass der Inhalt von Cartoon B der gleiche ist, wie bei Cartoon C.</i>
Zeile 71-107: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) <ul style="list-style-type: none"> Man sollte immer mehrere Experimente machen und immer auf Faktoren achten, da diese auch das Experimentergebnis beeinflussen könnten.

Schüler Nr. 3, 11. Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-22 Cartoon A	{Notiz: Schüler 174 und Schüler 168 stimmen dem Jungen zu.} Ja, ich glaube {auch, dass der Junge Recht hat.}	(A1) Der Junge hat Recht. (A2) Der Junge hat Recht.
Zeile 23-27 Cartoon B	{Notiz: Schüler 168 und Schüler 174 stimmen dem Mädchen zu.} Die junge Dame hat Recht.	(B1) Das Mädchen hat Recht. (B2) Das Mädchen hat Recht.
Zeile 28-40 Cartoon C	{Notiz: Schülerin 188 hat keine Ahnung, wie sie sich positionieren soll. Schüler 172 würde (fragend) links tippen? Schüler 174 findet es ziemlich schwer und denkt noch darüber nach.} Ja {ich würde auch eher links sagen.} {Notiz: Schüler 168? stimmt zu, dass links richtig ist.}	(C1) Das Mädchen hat Recht. (C2) Das Mädchen hat Recht.
Zeile 41-55 Cartoon D	Stimmst du mir zu, dass Neugierde essentiell für die Forschung ist? {Notiz: Schüler 174? stimmt zu.} Ich habe geschrieben „Auf die Frage der jungen Dame bezogen, spielt Neugier eine große Rolle in der Biomedizin“. {Notiz: Schüler 174? entgegnet, dass man ja auch neue Experimente und neue theoretische Fragen im Kopf erstellen muss und dafür Neugier essentiell ist. Schüler 172 stimmt dem linken Jungen zu. Schüler 174 und Schülerin 188 finden auch, dass Neugier essentiell ist.}	(D1) Der Junge hat Recht. Neugier ist wichtig, um auf neue Ansätze in der Biomedizin zu kommen. (D2) Der linke junge Herr hat Recht. Auf die Frage der jungen Dame bezogen: Neugier spielt eine große Rolle in der Biomedizin.

Geordnete Aussagen

Zeile 1-22: Cartoon A & schriftliche	Zustimmung zur linken männlichen Person Der Junge hat Recht. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Kaum inhaltliche Beiträge, sehr kurze und einstimmige Diskussion</i>
--	--

Cartoon- Antwort	
Zeile 23-27: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur weiblichen Person Das Mädchen hat Recht.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Kaum inhaltliche Beiträge, sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 28-40: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur weiblichen Person Das Mädchen hat Recht.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Sehr einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 41-55: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt Der Junge hat Recht</p> <p>Wichtigkeit von Neugier und Kreativität Auf die Frage der jungen Dame bezogen: Neugier spielt eine große Rolle in der Biomedizin, um auf neue Ansätze in der Biomedizin zu kommen.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schüler 3 bringt den Punkt „Neugier“ in die Diskussion ein; sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>

Explikation

Zeile 1-22: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur linken männlichen Person) Schüler 3 schreibt lediglich, dass der Junge Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung A1 und A2) und äußert auch genau dies in der Diskussion.</p> <p><i>*Kaum inhaltliche Beiträge, sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 23-27: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 3 schreibt lediglich, dass das Mädchen Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung B1 und B2) und äußert auch genau dies in der Diskussion.</p> <p><i>*Kaum inhaltliche Beiträge, sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 28-40: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 3 schreibt lediglich, dass das Mädchen Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung C1 und C2) und äußert auch genau dies in der Diskussion.</p> <p><i>*Sehr einstimmige Diskussion</i></p>

Zeile 41-55: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) Schüler 3 schreibt, dass der Junge Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung D1 und D2).</p> <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität) Schüler 3 schreibt auf die Frage der Dame bezogen, dass Neugier eine große Rolle in der Biomedizin spiele, um auf neue Ansätze in der Biomedizin zu kommen. Schüler 3 bringt diesen Punkt in die Diskussion ein.</p> <p><i>* Sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
--	--

Einzelstrukturierung

Zeile 1-22: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur linken männlichen Person)</p> <p><i>Schüler 3 schreibt lediglich, dass der Junge Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung A1 und A2) und äußert auch genau dies in der Diskussion.</i></p> <p><i>*Kaum inhaltliche Beiträge, sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 23-27: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <p><i>Schüler 3 schreibt lediglich, dass das Mädchen Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung B1 und B2) und äußert auch genau dies in der Diskussion.</i></p> <p><i>*Kaum inhaltliche Beiträge, sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 28-40: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <p><i>Schüler 3 schreibt lediglich, dass das Mädchen Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung C1 und C2) und äußert auch genau dies in der Diskussion.</i></p> <p><i>*Sehr einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 41-55: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt)</p> <p><i>Schüler 3 schreibt, dass der Junge Recht habe (in beiden Feldern der Meinungsäußerung D1 und D2).</i></p> <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neugier spiele eine große Rolle in der Biomedizin, um auf neue Ansätze in der Biomedizin zu kommen. <i>(Schüler 3 bringt diesen Punkt in die Diskussion ein.)</i> <p><i>* Sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>

Schüler Nr. 4, 11. Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-11 Cartoon A	{Notiz: Schüler 185 denkt, dass der Mann Recht hat. Schüler 180 & Schüler 171 stimmen zu.} Ja {,ich stimme auch dem Mann zu.}	(A1) Das Mädchen {hat Unrecht} und geht davon aus, dass eine Aussage richtig ist und diese nicht mehr verändert werden kann. (A2) Siehe Notizen
Zeile 12-36 Cartoon B	{Notiz (leicht kontrovers): Schüler 185 sagt, dass Menschen immer Fehler machen. Schüler 171 findet aber, dass beide Recht haben, da wenn dann am ehesten die Wissenschaftler/innen Recht haben, aber natürlich nicht unfehlbar sind. Schüler 185 entgegnet, dass wir keine Fortschritte machen würden, wenn wir das nicht kritisch hinterfragen würden. Schüler 171 denkt, dass es auch keinen Sinn macht, wenn ein Laie irgendwas dreimal googelt und dann z.B. einem Arzt widerspricht. Schüler 185 entgegnet, dass die Wissenschaftler/innen sich zumindest untereinander hinterfragen müssen und man den Ärzten trotzdem auch nicht blind vertrauen sollte.} {Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}	(B1) Beide haben Recht, allerdings sollte man alles kritisch hinterfragen. (B2) Siehe Notizen
Zeile 37-57 Cartoon C	{Notiz: Schüler 171 findet den Cartoon schwierig. Schüler 185 stimmt zu. Schüler 171 sieht schon ein, dass es mehrere Optionen gibt, aber man sich ja schon irgendwann auch festlegen muss.} Es entwickelt sich ja auch immer weiter. {Notiz: Schüler 171 stimmt zu. Schüler 185 würde eher der Frau als dem Mann zustimmen.} Aber ich glaube irgendwas daran muss ja [fehlt]. {Notiz: Schüler 171 unterbricht, dass es ja auch irgendwie einen festen Konsens geben muss.}	(C1) Die Frau hat Recht. (C2) Siehe Notizen
Zeile 58-87 Cartoon D	{Notiz: Schüler 175 stimmt Junge im T-Shirt zu, da bei unterschiedlichen Menschen unterschiedliche Nebenwirkungen bei Therapien auftreten können. Schüler 185 will sich vergewissern, dass bei einem Experiment doch nicht immer das Gleiche rauskommen muss? Schüler 171 entgegnet, dass das genau das Problem ist, warum es so lange dauert, bis neue Therapien auf den Markt kommen. Schüler 185 findet das aber dennoch richtig, wenn Menschen damit behandelt werden sollen. Alle sind sich einig, dass Neugier wichtig ist.} {Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}	(D1) Die Frau hat Recht und der Mann links auch, {da Experimente mehrmals durchgeführt werden müssen}, um das Ergebnis klarer sehen zu können. (D2) Siehe Notizen

Geordnete Aussagen

Zeile 1-11: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur linken männlichen Person Das Mädchen {hat Unrecht} und geht davon aus, dass eine Aussage richtig ist und diese nicht mehr verändert werden kann. Ja {,ich stimme auch dem Mann zu.} Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Sehr kurze und einstimmige Diskussion</i>
Zeile 12-36: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	Abwägung beider Positionen Beide haben Recht, allerdings sollte man alles kritisch hinterfragen. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Obwohl es eine relativ kontroverse Diskussion darüber ist, ob man Wissenschaftlern/innen nun glauben könne oder am besten alles hinterfragen sollte, ergänzt Schüler 4 seine Aussage nicht und lässt das zweite Feld der Meinungsäußerung frei. {Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i>
Zeile 37-57: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur weiblichen Person Die Frau hat Recht. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>(Sagt in der Diskussion auf die Position von Schüler 171 (Dass es mehrere Optionen gibt, aber man sich schon irgendwann mal festlegen muss)): „Es entwickelt sich ja auch immer weiter.“</i>
Zeile 58-87: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt [...] und der Mann links {hat} auch {Recht}, {da Experimente mehrmals durchgeführt werden müssen}, um das Ergebnis klarer sehen zu können. Wichtigkeit von Neugier und Kreativität Die Frau hat Recht. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>{Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i>

Explikation

Zeile 1-11: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur linken männlichen Person) Schüler 4 ist der Auffassung, dass das Mädchen Unrecht hat und geht davon aus, dass eine Aussage richtig sei und diese nicht mehr verändert werden könne. Schüler 4 stimmt dem Mann zu. <i>*Sehr kurze und einstimmige Diskussion</i>
Zeile 12-36: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	(Abwägung beider Positionen) Schüler 4 denkt, dass beide Recht haben, man allerdings alles kritisch hinterfragen sollte. Obwohl es eine relativ kontroverse Diskussion darüber ist, ob man Wissenschaftlern/innen nun glauben könne oder am besten alles hinterfragen sollte, ergänzt Schüler 4 seine Aussage nicht und lässt das zweite Feld der Meinungsäußerung frei. <i>* Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>
Zeile	(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 4 stimmt der Frau zu.

37-57: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	Außerdem entgegnet Schüler 4 in der Diskussion auf die Position von Schüler 171 (Dass es mehrere Optionen gebe, aber man sich schon irgendwann mal festlegen müsse), dass es sich ja auch immer weiterentwickeln würde.
Zeile 58-87: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) Schüler 4 stimmt dem Mann links zu, da Experimente mehrmals durchgeführt werden müssen, um das Ergebnis klarer sehen zu können.</p> <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität) Schüler 4 stimmt außerdem der Frau zu.</p> <p><i>*Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>

Einzelstrukturierung

Zeile 1-11: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur linken männlichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ablehnung der Haltung von dem Mädchen <p><i>*Sehr kurze und einstimmige Diskussion</i></p>
Zeile 12-36: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Abwägung beider Positionen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beide würden Recht haben • Man sollte allerdings alles kritisch hinterfragen. <p><i>Obwohl es eine relativ kontroverse Diskussion darüber ist, ob man Wissenschaftlern/innen nun glauben könne oder am besten alles hinterfragen sollte, ergänzt Schüler 4 seine Aussage nicht und lässt das zweite Feld der Meinungsäußerung frei.</i></p> <p><i>*Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>
Zeile 37-57: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <p><i>Außerdem entgegnet Schüler 4 in der Diskussion auf die Position von Schüler 171 (Dass es mehrere Optionen gebe, aber man sich schon irgendwann mal festlegen müsse), dass es sich ja auch immer weiterentwickeln würde.</i></p>
Zeile 58-87: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimente müssten mehrmals durchgeführt werden, um das Ergebnis klarer sehen zu können. <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zustimmung zu der Frau <p><i>* Schüler 4 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>

Schüler Nr. 5, 11. Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-25 Cartoon A	<p>Ich finde, das stimmt so nicht. {Notiz: Schüler 183 fragt nach, was denn nicht stimmen soll?}</p> <p>Ich weiß {es} nicht. {Notiz: Schüler 183 stimmt der Frau nicht zu, weil durch neue Erkenntnisse und Technologien frühere Erkenntnisse und/oder Aussagen widerlegt werden können. Schüler 6 stimmt zu. Schülerin 189 stimmt auf Nachfrage von Schüler 5 auch zu. Schüler 182 findet, dass wissenschaftliche Aussagen zu jedem Zeitpunkt widerlegt werden können. Da es keine absoluten Antworten in der Wissenschaft gebe.}</p> <p>Ich hätte es nicht besser sagen können {als Schüler 182, dass es keine absolute Antwort in der Wissenschaft gibt}.</p>	<p>(A1) Das stimmt so nicht.</p> <p>(A2) Siehe Notizen.</p>
Zeile 26-51 Cartoon B	<p>{Notiz: Schüler 183 findet, dass der Mann Unrecht hat, weil man immer kritisch hinterfragen sollte.}</p> <p>Warum? {Notiz: Die anderen diskutieren darüber, wie der Mann wohl auf die Aussage gekommen ist. Schüler 6 denkt, dass Menschen Fehler machen bzw. sich auch mal irren können im Leben wie auch in der Wissenschaft. Schüler 182 stimmt zu, dass es immer kritisch hinterfragt werden muss, dass Experten zwar viel wissen, dieses Wissen aber nie absolut sei. Schülerin 189 stimmt zu.}</p>	<p>(B1) Richtig.</p> <p>(B2) Siehe Notizen.</p>
Zeile 52-61 Cartoon C	<p>Das ist wie Cartoon A? {Notiz: Schüler 182 stimmt zu und sagt, dass es keine absolute Antwort in der Wissenschaft der Biomedizin gebe. Schüler 183 entgegnet, dass es bestimmt für manche Fragen irgendwann eine Antwort geben wird, aber dass diese Antworten veränderbar sein werden.}</p>	<p>(C1) {Es ist} falsch, was der Typ sagt.</p> <p>(C2) Siehe Notizen.</p>
Zeile 62-83 Cartoon D	<p>{Notiz: Schüler 6 sagt, dass man Experimente mehrmals durchführen muss, um ein eindeutiges Ergebnis zu bekommen. Außerdem denkt Schüler 6, dass Kreativität sehr wichtig ist. Schülerin 189 vermutet, dass alle dem linken Mann zustimmen. Schüler 182 sagt, dass kein Experiment absolut ist und man das deshalb mehrfach durchführen muss. Schüler 6 sagt, dass man auch die abiotischen Faktoren beachten muss.}</p> <p><i>{Schüler 5 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i></p>	<p>(D1) Man muss ein Experiment öfter durchgehen.</p> <p>(D2) Siehe Notizen</p>

Geordnete Aussagen

Zeile 1-25: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Nicht zuordenbar <i>(Erste Version A1, bleibt aber bei Feld A2 dabei)</i> Das stimmt so nicht. <i>(Diskussionsbeitrag)</i> Ich finde, das stimmt so nicht. <i>(Auf die Nachfrage, was denn nicht stimmen solle)</i> Ich weiß {es} nicht. Ich hätte es nicht besser sagen können {als Schüler 182, dass es keine absolute Antwort in der Wissenschaft gibt}.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schüler 5 sagt zunächst, dass er findet, dass das nicht stimmt, kann aber auch nicht erklären was er damit meint, als die anderen nachfragen. Danach stimmt Schüler 5 der Aussage zu, dass es keine absoluten Antworten in der Wissenschaft gebe. Ergänzt aber trotz der restlichen inhaltlich guten Diskussion nichts an seinem zweiten Eintrag und verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.</i></p>
Zeile 26-51: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Nicht zuordenbar Richtig.</p> <p>Fragend Warum {sollte man immer kritisch hinterfragen}?</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Als Schüler 183 äußert, dass der Mann Unrecht habe, weil man immer kritisch hinterfragen solle, fragt Schüler 5 mit „Warum?“ nach. Er verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.</i></p>
Zeile 52-61: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur weiblichen Person? Bzw. Ablehnung der Position der männlichen Person {Es ist} falsch, was der Typ sagt.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schüler 5 denkt, dass der Inhalt von Cartoon C derselbe sei wie in Cartoon A. Er verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.</i></p>
Zeile 62-83: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt Man muss ein Experiment öfter durchgehen.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Obwohl über die Wichtigkeit von Kreativität gesprochen wird, ergänzt Schüler 5 dazu nichts im zweiten Antwortfeld, sondern verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld {Schüler 5 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i></p>

Explikation

Zeile 1-25: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Nicht zuordenbar) Schüler 5 schreibt im ersten Antwortfeld der Meinungsäußerung lediglich, dass das so nicht stimme. In der Diskussion äußert Schüler 5 ebenfalls, dass er findet, dass das nicht stimme, kann aber auch auf Nachfrage, was denn nicht stimmen solle, nicht erklären was er damit meint und sagt lediglich, dass er das nicht wisse. Danach stimmt Schüler 5 der Aussage zu, dass es keine absoluten Antworten in der Wissenschaft gebe. Ergänzt aber trotz der restlichen inhaltlich guten Diskussion nichts an seinem zweiten Eintrag und verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld</p>
Zeile 26-51:	<p>(Nicht zuordenbar) Schüler 5 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung lediglich „Richtig“, was sich nicht hinsichtlich einer Zustimmung zu einer der beiden Aussagen zuordnen lässt.</p>

Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	(?Fragend) Als Schüler 183 äußert, dass der Mann Unrecht habe, weil man immer kritisch hinterfragen solle, fragt Schüler 5 nach, warum das so sein solle. Er verweist im zweiten Antwortfeld auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.
Zeile 52-61: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person? Bzw. Ablehnung der Position der männlichen Person) Schüler 5 lehnt die Haltung der männlichen Person ab. <i>* Schüler 5 denkt, dass der Inhalt von Cartoon C derselbe sei wie in Cartoon A. Er verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.</i>
Zeile 62-83: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) Schüler 5 ist der Auffassung, dass man ein Experiment öfter durchgehen müsse. <i>*Obwohl über die Wichtigkeit von Kreativität gesprochen wird, ergänzt Schüler 5 dazu nichts im zweiten Antwortfeld, sondern verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld; Schüler 5 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>

Einzelstrukturierung

Zeile 1-25: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	(Nicht zuordenbar) <i>Schüler 5 schreibt im ersten Antwortfeld der Meinungsäußerung lediglich, dass das so nicht stimme. In der Diskussion äußert Schüler 5 ebenfalls, dass er findet, dass das nicht stimme, kann aber auch auf Nachfrage, was denn nicht stimmen solle, nicht erklären was er damit meint und sagt lediglich, dass er das nicht wisse. Danach stimmt Schüler 5 der Aussage zu, dass es keine absoluten Antworten in der Wissenschaft gebe. Ergänzt aber trotz der restlichen inhaltlich guten Diskussion nichts an seinem zweiten Eintrag und verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld</i>
Zeile 26-51: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	(Nicht zuordenbar) <i>Schüler 5 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung lediglich „Richtig“, was sich nicht hinsichtlich einer Zustimmung zu einer der beiden Aussagen zuordnen lässt.</i> <ul style="list-style-type: none"> ? Als Schüler 183 äußert, dass der Mann Unrecht habe, weil man immer kritisch hinterfragen solle, fragt Schüler 5 nach, warum das so sein solle. <i>Er verweist im zweiten Antwortfeld auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.</i>
Zeile 52-61: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person? Bzw. Ablehnung der Position der männlichen Person). <i>*Schüler 5 denkt, dass der Inhalt von Cartoon C derselbe sei wie in Cartoon A. Er verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld.</i>
Zeile 62-83: Cartoon D &	(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) <ul style="list-style-type: none"> Man müsse ein Experiment öfter durchgehen müsse.

schriftliche Cartoon- Antwort	<i>*Obwohl über die Wichtigkeit von Kreativität gesprochen wird, ergänzt Schüler 5 dazu nichts im zweiten Antwortfeld, sondern verweist auf seine Meinung vom ersten Antwortfeld; Schüler 5 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i>
-------------------------------------	---

Schüler Nr. 6, 11. Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-25 Cartoon A	<p>{Notiz: Schüler 5 findet, dass das so nicht stimmt. Auf Nachfrage von Schüler 183, kann Schüler 5 das nicht genauer erörtern. Schüler 183 stimmt der Frau nicht zu, weil durch neue Erkenntnisse und Technologien frühere Erkenntnisse und/ oder Aussagen widerlegt werden können.</p> <p>Ja, das... das sehe ich auch so {wie Schüler 183, dass die Frau Unrecht hat, weil durch neue Erkenntnisse/ Technologien frühere Erkenntnisse/ Aussagen widerlegt werden können.}</p> <p>{Notiz: Schülerin 189 stimmt auf Nachfrage von Schüler 5 auch zu. Schüler 182 findet, dass wissenschaftliche Aussagen zu jedem Zeitpunkt widerlegt werden können. Da es keine absoluten Antworten in der Wissenschaft gebe. Schüler 5 stimmt zu.}</p>	<p>(A1) Nein, {eine Aussage gilt nur} so lange, wie sie nicht widerlegt ist.</p> <p>(A2) 999</p>
Zeile 26-51 Cartoon B	<p>{Notiz: Schüler 183 findet, dass der Mann Unrecht hat, weil man immer kritisch hinterfragen sollte.}</p> <p>Ja, ich denke Menschen machen Fehler und können sich auch mal irren im Leben und in der Wissenschaft.</p> <p>{Notiz: Schüler 182 stimmt zu, dass es immer kritisch hinterfragt werden muss, dass Experten zwar viel wissen, dieses Wissen aber nie absolut sei. Schülerin 189 stimmt zu.}</p>	<p>(B1) Nein, {Wissenschaftler/innen} sind auch nur Menschen. Es ist menschlich, Fehler zu machen.</p> <p>(B2) 999</p>
Zeile 52-61 Cartoon C	<p>{Notiz: Schüler 5 findet, dass es das gleiche ist wie bei Cartoon A. Schüler 182 stimmt zu und sagt, dass es keine absolute Antwort in der Wissenschaft der Biomedizin gebe. Schüler 183 entgegnet, dass es bestimmt für manche Fragen irgendwann eine Antwort geben wird, aber dass diese Antworten veränderbar sein werden.}</p> <p>{Schüler 6 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</p>	<p>(C1) Nein, es kann immer neue Erkenntnisse geben.</p> <p>(C2) 999</p>
Zeile 62-83 Cartoon D	<p>Experimente muss man schon mehrmals durchführen, um ein eindeutiges Ergebnis zu haben, denke ich. Und ich glaube, dass Kreativität eine große Rolle spielt, weil manchmal da durch Zufall</p>	<p>(D1) Nein, {man muss ein Experiment} mehrmals {durchführen}. Manchmal kommt man durch Zufall auf ein Ergebnis.</p> <p>(D2) 999</p>

	<p>Experimente entstehen und Ergebnisse gefunden werden. Deswegen stimme ich da zu.</p> <p>{Notiz: Schülerin 189 vermutet, dass alle dem linken Mann zustimmen. Schüler 182 sagt, dass kein Experiment absolut ist und man das deshalb mehrfach durchführen muss.}</p> <p>{Man muss Experimente auch deshalb mehrmals machen, weil} die abiotischen Faktoren und so {sich verändert haben können.}</p> <p>{Notiz: Schüler 182 stimmt zu.}</p>	
--	---	--

Geordnete Aussagen

<p>Zeile 1-25: Cartoon A & schriftliche Cartoon-Antwort</p>	<p>Zustimmung zur linken männlichen Person</p> <p>Ja, das... das sehe ich auch so {wie Schüler 183, dass die Frau Unrecht hat, weil durch neue Erkenntnisse/ Technologien frühere Erkenntnisse/ Aussagen widerlegt werden können.}</p> <p>(Version, Feld A1) Nein, {eine Aussage gilt nur} so lange, wie sie nicht widerlegt ist.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten</p> <p>-</p>
<p>Zeile 26-51: Cartoon B & schriftliche Cartoon-Antwort</p>	<p>Zustimmung zur weiblichen Person</p> <p>(Version Feld B1) Nein, {Wissenschaftler/innen} sind auch nur Menschen. Es ist menschlich Fehler zu machen.</p> <p>(Diskussionsbeitrag) Ja, ich denke Menschen machen Fehler und können sich auch mal irren im Leben und in der Wissenschaft.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten</p> <p>-</p>
<p>Zeile 52-61: Cartoon C & schriftliche Cartoon-Antwort</p>	<p>Nicht zuordenbar</p> <p>Nein, es kann immer neue Erkenntnisse geben.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten</p> <p>Obwohl die anderen am Ende darüber diskutieren, ob es irgendwann eindeutige Antworten geben wird, formuliert Schüler 6 seine Aussage nicht inhaltlich passend um, sodass sie hier zuordenbar wäre. {Schüler 6 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</p>
<p>Zeile 62-80: Cartoon D & schriftliche Cartoon-Antwort</p>	<p>Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt</p> <p>Experimente muss man schon mehrmals durchführen, um ein eindeutiges Ergebnis zu haben, denke ich.</p> <p>{Man muss Experimente auch deshalb mehrmals machen, weil} die abiotischen Faktoren und so {sich verändert haben können.}</p> <p>Wichtigkeit von Neugier und Kreativität</p> <p>Und ich glaube, dass Kreativität eine große Rolle spielt, weil manchmal da durch Zufall Experimente entstehen und Ergebnisse gefunden werden. Deswegen stimme ich da zu.</p>

	Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten
	-

Explikation

Zeile 1-25: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur linken männlichen Person) Schüler 6 stimmt Schüler 183 zu, dass die Frau Unrecht habe, weil durch neue Erkenntnisse/ Technologien frühere Erkenntnisse/ Aussagen widerlegt werden können. Ja, das... das sehe ich auch so {wie Schüler 183, dass die Frau Unrecht hat, weil durch neue Erkenntnisse/Technologien frühere Erkenntnisse/ Aussagen widerlegt werden können.} Im Feld A1 der Meinungsäußerung schreibt Schüler 6 darüber hinaus, dass eine Aussage nur so lange gelte, wie sie nicht widerlegt sei.
Zeile 26-51: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 6 ist der Auffassung, dass Wissenschaftler/innen auch nur Menschen seien und es auch menschlich sei Fehler zu machen. Schüler 6 verweist außerdem darauf, dass Menschen sich auch mal irren können, im Leben wie in der Wissenschaft.
Zeile 52-61: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	(Nicht zuordenbar) Obwohl die anderen am Ende darüber diskutieren, ob es irgendwann eindeutige Antworten geben wird formuliert Schüler 6 seine erste verschriftlichte Aussage aus Feld C1 nicht inhaltlich passend um, sodass sie hier zuordenbar wäre. In der Aussage in Feld C1 hat Schüler 6 geschrieben: „Nein, es kann immer neue Erkenntnisse geben“. * Schüler 6 äußert sich zu diesem Cartoon nicht
Zeile 62-80: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) Schüler 6 denkt, dass man Experimente schon mehrmals durchführen müsse, um ein eindeutiges Ergebnis zu haben. Man müsse Experimente auch deshalb mehrmals machen, weil sich u.a. die abiotischen Faktoren verändert haben können. (Wichtigkeit von Neugier und Kreativität) Schüler 6 glaubt, dass Kreativität eine große Rolle spiele, weil manchmal da durch Zufall Experimente entstehen und Ergebnisse gefunden werden könnten. Deswegen stimmt Schüler 6 da zu.

Einzelstrukturierung

Zeile 1-25: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur linken männlichen Person, Ablehnung der Position der weiblichen Person) <ul style="list-style-type: none"> Durch neue Erkenntnisse/ Technologien können frühere Erkenntnisse/ Aussagen widerlegt werden. (Feld A1) Eine Aussage gelte nur so lange, wie sie nicht widerlegt sei.
Zeile 26-51: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	(Zustimmung zur weiblichen Person) <ul style="list-style-type: none"> Wissenschaftler/innen seien auch nur Menschen und es sei auch menschlich Fehler zu machen. Menschen können sich auch mal irren, im Leben wie in der Wissenschaft.

Zeile 52-61: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Nicht zuordenbar)</p> <p><i>Obwohl die anderen am Ende darüber diskutieren, ob es irgendwann eindeutige Antworten geben wird formuliert Schüler 6 seine erste verschriftlichte Aussage aus Feld C1 nicht inhaltlich passend um, sodass sie hier zuordenbar wäre. In der Aussage in Feld C1 hat Schüler 6 geschrieben: „Nein, es kann immer neue Erkenntnisse geben“.</i></p> <p><i>*Schüler 6 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>
Zeile 62-80: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Man müsse Experimente schon mehrmals durchführen, um ein eindeutiges Ergebnis zu haben. • Man müsse Experimente auch deshalb mehrmals machen, weil sich u.a. die abiotischen Faktoren verändert haben können. <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreativität spiele eine große Rolle, weil manchmal da durch Zufall Experimente entstehen und Ergebnisse gefunden werden könnten.

Schüler Nr. 7, 9. Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-19 Cartoon A	<p>Ich glaube, dass mit neuerer Technik auch neue Theorien und Erkenntnisse aufgestellt werden können.</p> <p>{Notiz: Schülerin 203 stimmt zu.}</p> <p>Ja {(auf Nachfrage), ich stimme eher dem Jungen links zu.}</p> <p>{Notiz: Schülerin 202 stimmt zu. Schülerin 194 stimmt dann auch zu.}</p>	<p>(A1)</p> <p>Teilweise werden aus heutiger Sicht „neue“ Erkenntnisse durch z.B. neue Technologien oder Forschungsmethoden erneuert. Andere allgemeine Erkenntnisse werden wahrscheinlich (fast) für immer ein Fakt sein.</p> <p>(A2)</p> <p>Wir alle stimmen in dem Fall dem Jungen links zu. Wir sind der Meinung, dass neuere Technologien auch bessere Ergebnisse belegen und ermitteln können.</p>
Zeile 20-68 Cartoon B	<p>{Notiz: Schülerin 202 stimmt dem Mädchen zu. Schülerin 203 & Schülerin 194 sehen das genauso. Schülerin 202 entgegnet aber, dass der Junge schon gewissermaßen Recht habe, weil man nicht unbedingt auf andere Leute hören sollte, die nichts davon wissen, aber alles glauben, was die sagen sollte man auch nicht. Schülerin 197? stimmt beiden zu. Schülerin 203 entgegnet, wenn man jemandem glauben sollte, dann den Wissenschaftlern/innen. Schülerin 194 sagt, dass beide bisschen Recht haben, aber eher das Mädchen.}</p> <p>{Auf Nachfrage, was seine Meinung sei:} Ich lese mal vor „Wir stimmen alle in dem Fall dem Jungen links zu. Wir sind der Meinung, dass neuere Technologien auch bessere</p>	<p>(B1)</p> <p>Es gibt wohl teilweise menschlich bedingte Fehler, auch in solch einem Fachbereich.</p> <p>(B2)</p> <p>Auch hier sind unsere Meinungen übereinstimmend. Wir sind der Meinung, dass menschliche Fehler auch im Bereich der Wissenschaft auftreten und ggf. Forschungsergebnisse negativ beeinflussen können.</p>

	<p>Ergebnisse belegen und ermitteln können. [ACHTUNG: Schüler 7 ist anscheinend immer noch bei A]</p> <p>{Notiz: Diskussionen über Formulierungen: Schülerin 202 will ausdrücken, dass sie ja schon schlauer sind als die Durchschnittsmenschen. Alle sind sich einig, dass die Informationen der Wissenschaftler/innen glaubwürdiger sind, weil sie sich mehr mit dem Thema auseinandergesetzt haben.}</p>	
<p>Zeile 69-108 Cartoon C</p>	<p>{Notiz (kontroverse Diskussion): Schülerin 198 weiß nicht, was sie zum Cartoon sagen soll. Schülerin 194 findet, dass beide ein bisschen Recht haben, da es schon rein theoretisch auf jede Frage eine Antwort gibt aber es jetzt nicht so (Rest fehlt). Schülerin 203 entgegnet, dass es auf manche Fragen mehrere richtige Antworten gibt. Schülerin 202 findet, dass es nicht auf jede Frage eine Antwort gibt, sondern hat das Gefühl, dass es in der Medizin und solchen Gebieten oft keine Antworten gibt. Schülerin 203 positioniert sich zwischen den beiden. Schülerin 202 ist eher für das Mädchen, und verweist auf die Situation am Fachtag, wo man für die Behandlung mit den Antibiotika auch keine eindeutige Antwort hatte. Schülerin 198 stimmt dann auch dem Mädchen zu. Schülerin 197 sagt auch, dass es mehrere Antworten gibt.}</p> <p>{Auf Nachfrage:} Ich stimme eher dem Mädchen links zu, weil ich denke, {dass} es mehrere Antworten auf irgendwelche Fragen geben kann. Vielleicht kann man irgendwann noch mal eindeutige Antworten finden mit neueren Technologien, aber ich bin eher für das Mädchen links.</p>	<p>(C1) Die Antwort auf sehr komplizierte Fragen können evtl. teilweise auch nur nicht wissenschaftlich belegbare Theorien sein.</p> <p>(C2) Wir sind eher der Meinung des Mädchens. Unserer Ansicht nach wird es auch immer nicht ganz eindeutig zu beantwortende Fragen geben.</p>
<p>Zeile 109-154 Cartoon D</p>	<p>{Notiz: Schülerin 197, Schülerin 194, Schülerin 202 stimmen dem Jungen links zu.}</p> <p>{Auf Nachfrage:} Bei D habe ich noch nichts. Es ist/ Ich habe die Frage nicht so richtig komplett verstanden, also um welche Experimente es hier ging. Also habe ich nichts geschrieben.</p> <p>{Auf Nachfrage, wem er/sie denn nun zustimme, entgegnet Schüler 7:} Warte mal kurz.</p> <p>{Notiz: Schülerin 198 findet, dass Kreativität wichtig ist, da die Forscher/innen dann mehr bei der Sache und motivierter sind, eine Lösung zu finden. Schülerin 194 stimmt zu. Schülerin</p>	<p>(D1) Ein Experiment</p> <p>(D2) 999</p>

	203 ergänzt, dass man ohne Neugier auch nicht auf die ganzen Sachen kommt. {Auf Nachfrage, wem Schüler 7 denn nun zustimme:} {Ich stimme} eher dem blonden {Jungen zu}.	
--	---	--

Geordnete Aussagen

Zeile 1-19: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zunächst Abwägung beider Positionen (Version Feld A1) Teilweise werden aus heutiger Sicht „neue“ Erkenntnisse durch z.B. neue Technologien oder Forschungsmethoden erneuert. Andere allgemeine Erkenntnisse werden wahrscheinlich (fast) für immer ein Fakt sein.</p> <p>Anschließend Zustimmung zur männlichen Person Wir alle stimmen in dem Fall dem Jungen links zu. Wir sind der Meinung, dass neuere Technologien auch bessere Ergebnisse belegen und ermitteln können.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Einstimmige Zustimmung zur Aussage des Jungen</i></p>
Zeile 20-68: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur weiblichen Person Auch hier sind unsere Meinungen übereinstimmend. Wir sind der Meinung, dass menschliche Fehler auch im Bereich der Wissenschaft auftreten und ggf. Forschungsergebnisse negativ beeinflussen können.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schüler 7 reagiert nur auf Nachfrage und liest daraufhin seine verschriftlichte Meinung vor, die er zu Cartoon A (!) geschrieben hatte. Obwohl die anderen darüber diskutieren, dass man den Wissenschaftlern/innen schon auch glauben könne bzw. wenn jemandem dann ihnen, ergänzt Schüler 7 dazu nichts in seinem zweiten Feld der Meinungsäußerung.</i></p>
Zeile 69-108: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Erste Meinungsäußerung- Nicht zuordenbar Die Antwort auf sehr komplizierte Fragen können evtl. teilweise auch nur nicht wissenschaftlich belegbare Theorien sein.</p> <p>Nach der Diskussion- Zustimmung zur weiblichen Person {Auf Nachfrage:} Ich stimme eher dem Mädchen links zu, weil ich denke, {dass} es mehrere Antworten auf irgendwelche Fragen geben kann. Vielleicht kann man irgendwann noch mal eindeutige Antworten finden mit neueren Technologien, aber ich bin eher für das Mädchen links. (Schriftliche Version, C2) Wir sind eher der Meinung des Mädchens. Unserer Ansicht nach wird es auch immer nicht ganz eindeutig zu beantwortende Fragen geben.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schüler 7 reagiert wieder erst auf Nachfrage in der Diskussion. Ändert seine Meinung nach der Diskussion. Es ist eine kontroverse Diskussion darüber, ob es auf jede Frage eine Antwort gibt oder mehrere oder manchmal sogar gar keine.</i></p>
Zeile 109-154: Cartoon D &	<p>Zu Beginn der Diskussion- Nicht zuordenbar {Auf Nachfrage:} Bei D habe ich noch nichts. Es ist/ Ich habe die Frage nicht so richtig komplett verstanden, also um welche Experimente es hier ging. Also habe ich nichts geschrieben.</p>

schriftliche Cartoon- Antwort	<p>{Auf Nachfrage, wem er/sie denn nun zustimme, entgegnet Schüler 7}: Warte mal kurz.</p> <p>Am Ende der Diskussion-Zustimmung zum Jungen links {Auf Nachfrage, wem Schüler 7 denn nun zustimme:} {Ich stimme} eher dem blonden {Jungen zu}.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Schüler 7 reagiert erst auf Nachfrage der anderen in der Diskussion. Schüler 7 hat es anscheinend vorher nicht geschafft, etwas in das Antwortfeld zu schreiben[dort steht "Ein Experiment..."]. Er scheint über die Diskussion nun zu überlegen, was seine Meinung dazu ist. Die anderen stimmen dem Jungen links zu und diskutieren über die wichtige Rolle von Neugier und Kreativität.</i></p>
-------------------------------------	---

Explikation

Zeile 1-19: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zunächst Abwägung beider Positionen) Im ersten Feld A1 der Meinungsäußerung schreibt Schüler 7, dass auf der einen Seite teilweise aus heutiger Sicht „neue“ Erkenntnisse durch z.B. neue Technologien oder Forschungsmethoden erneuert werden würden. Auf der anderen Seite aber andere allgemeine Erkenntnisse wahrscheinlich (fast) für immer ein Fakt sein würden.</p> <p>(Anschließend Zustimmung zur männlichen Person) Nach der Diskussion schreibt Schüler 7, dass sie alle dem Jungen links zustimmen würden und der Meinung seien, dass neuere Technologien auch bessere Ergebnisse belegen und ermitteln können.</p> <p><i>*Einstimmige Zustimmung zur Aussage des Jungen</i></p>
Zeile 20-68: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Schüler 7 reagiert nur auf Nachfrage und liest daraufhin seine verschriftlichte Meinung vor, die er zu Cartoon A (!) geschrieben hatte. Obwohl die anderen darüber diskutieren, dass man den Wissenschaftlern/innen schon auch glauben könne bzw. wenn jemandem dann ihnen, ergänzt Schüler 7 dazu nichts in seinem zweiten Feld der Meinungsäußerung.</p> <p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Aus beiden Antwortfeldern geht hervor, dass Schüler 7 der Auffassung ist, dass menschliche Fehler auch im Bereich der Wissenschaft auftreten würden und ggf. Forschungsergebnisse negativ beeinflussen könnten. Schüler 7 formuliert die Aussage in Feld B2 auch wieder in der „Wir“ Formulierung/ aus der Gruppenperspektive.</p>
Zeile 69-108: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Erste Meinungsäußerung- Nicht zuordenbar) Schüler 7 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung C1, dass die Antwort auf sehr komplizierte Fragen evtl. teilweise auch nur nicht wissenschaftlich belegbare Theorien sein können.</p> <p>Schüler 7 reagiert wieder erst auf Nachfrage in der Diskussion.</p> <p>(Schriftliche Meinungsäußerung nach der Diskussion- Zustimmung zur weiblichen Person) Auf Nachfrage entgegnet Schüler 7 in der Diskussion, dass er dem Mädchen links zustimme, weil er denkt, dass es mehrere Antworten auf irgendwelche Fragen geben könne. Schüler 7 erläutert weiter, dass man vielleicht irgendwann noch mal eindeutige Antworten mit neueren</p>

	<p>Technologien finden könne, aber dennoch stimmt Schüler 7 eher dem Mädchen links zu. Schüler 7 schreibt daraufhin dann im zweiten Feld der Meinungsäußerung, dass alle eher der Meinung des Mädchens seien und es ihrer Ansicht nach auch immer nicht ganz eindeutig zu beantwortende Fragen geben werde.</p> <p><i>* Es ist eine kontroverse Diskussion darüber, ob es auf jede Frage eine Antwort gibt oder mehrere oder manchmal sogar gar keine.</i></p>
Zeile 109-154: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zu Beginn der Diskussion- Nicht zuordenbar) Als Schüler 7 in der Diskussion angesprochen wird, was er bei D habe, entgegnet Schüler 7, dass er bei D noch nichts habe. Schüler 7 hat es anscheinend vorher nicht geschafft, etwas in das Antwortfeld zu schreiben [dort steht "Ein Experiment..."]. Schüler 7 erläutert, dass er die Frage nicht so richtig komplett verstanden habe, also um welche Experimente es hier ging und deshalb nichts geschrieben habe. Auf Nachfrage, wem er denn nun zustimme, entgegnet Schüler 7, dass die anderen kurz warten sollen (Schüler 7 denkt nach). Er scheint über die Diskussion nun zu überlegen, was seine Meinung dazu ist. Die anderen stimmen dem Jungen links zu und diskutieren über die wichtige Rolle von Neugier und Kreativität.</p> <p>(Am Ende der Diskussion-Zustimmung zum Jungen links) Auf Nachfrage am Ende der Diskussion, wem Schüler 7 denn nun zustimme, entgegnet Schüler 7, dass er eher dem blonden Jungen zustimme.</p>

Einzelstrukturierung

Zeile 1-19: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zunächst Abwägung beider Positionen)</p> <ul style="list-style-type: none"> (Feld A1) Auf der einen Seite werden teilweise aus heutiger Sicht „neue“ Erkenntnisse durch z.B. neue Technologien oder Forschungsmethoden erneuert. Auf der anderen Seite aber andere allgemeine Erkenntnisse wahrscheinlich (fast) für immer ein Fakt sein würden. <p>(Anschließend Zustimmung zur männlichen Person)</p> <p><i>(Nach der Diskussion schreibt Schüler 7, dass sie alle dem Jungen links zustimmen würden und der Meinung seien,)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> dass neuere Technologien auch bessere Ergebnisse belegen und ermitteln können. <p><i>*Einstimmige Zustimmung zur Aussage des Jungen</i></p>
Zeile 20-68: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p><i>Schüler 7 reagiert nur auf Nachfrage und liest daraufhin seine verschriftlichte Meinung vor, die er zu Cartoon A (!) geschrieben hatte. Obwohl die anderen darüber diskutieren, dass man den Wissenschaftlern/innen schon auch glauben könne bzw. wenn jemandem dann ihnen, ergänzt Schüler 7 dazu nichts in seinem zweiten Feld der Meinungsäußerung.</i></p> <p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> (Feld B1, Feld B2) menschliche Fehler würden auch im Bereich der Wissenschaft auftreten würden und ggf. Forschungsergebnisse negativ beeinflussen könnten. <p><i>Schüler 7 formuliert die Aussage in Feld B2 auch wieder in der „Wir“ Formulierung / aus der Gruppenperspektive.</i></p>
Zeile	(Erste Meinungsäußerung- Nicht zuordenbar)

69-108: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p><i>Schüler 7 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung C1, dass die Antwort auf sehr komplizierte Fragen evtl. teilweise auch nur nicht wissenschaftlich belegbare Theorien sein können.</i></p> <p><i>Schüler 7 reagiert wieder erst auf Nachfrage in der Diskussion.</i></p> <p>(Schriftliche Meinungsäußerung nach der Diskussion- Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>(Auf Nachfrage in der Diskussion, Zustimmung zum Mädchen) Es könne mehrere Antworten auf irgendwelche Fragen geben.</i> • <i>Vielleicht könne man irgendwann noch mal eindeutige Antworten mit neueren Technologien finden, aber dennoch stimmt Schüler 7 eher dem Mädchen links zu.</i> • <i>(Feld C2) Es werde auch immer nicht ganz eindeutig zu beantwortende Fragen geben werde.</i> <p><i>Schüler 7 formuliert die Aussage in Feld C2 auch wieder in der „Wir“ Formulierung/ aus der Gruppenperspektive.</i></p> <p><i>* Es ist eine kontroverse Diskussion darüber, ob es auf jede Frage eine Antwort gibt oder mehrere oder manchmal sogar gar keine.</i></p>
Zeile 109-154: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zu Beginn der Diskussion- Nicht zuordenbar)</p> <p><i>Als Schüler 7 in der Diskussion angesprochen wird, was er bei D habe, entgegnet Schüler 7, dass er bei D noch nichts habe. Schüler 7 hat es anscheinend vorher nicht geschafft, etwas in das Antwortfeld zu schreiben [dort steht „Ein Experiment...“]. Schüler 7 erläutert, dass er die Frage nicht so richtig komplett verstanden habe, also um welche Experimente es hier ging und deshalb nichts geschrieben habe. Auf Nachfrage, wem er denn nun zustimme, entgegnet Schüler 7, dass die anderen kurz warten sollen (Schüler 7 denkt nach). Er scheint über die Diskussion nun zu überlegen, was seine Meinung dazu ist. Die anderen stimmen dem Jungen links zu und diskutieren über die wichtige Rolle von Neugier und Kreativität.</i></p> <p>(Am Ende der Diskussion-Zustimmung zum Jungen links)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>(Auf Nachfrage am Ende der Diskussion, wem Schüler 7 denn nun zustimme, entgegnet Schüler 7,) dass er/sie eher dem blonden Jungen zustimme.</i>

Schüler Nr. 8, 9.Klasse

Redigierte Aussagen des Transkripts bzw. des Cartoons

Zeile 1-17 Cartoon A	<p>{Notiz: Schüler 210 hat geschrieben, dass wissenschaftliche Aussagen, die belegt sind, durch moderne Technik auch wieder widerlegt werden können. Schüler 212 stimmt zu. Schüler 210 stimmt zu und ergänzt, durch Geräte oder bessere Mikroskope. Hat jemand eine andere Meinung?}</p> <p>Nein {ich stimme auch zu, dass wissenschaftliche Aussagen, die belegt sind durch moderne Technik widerlegt werden kann.}</p>	<p>(A1) Es muss nicht sein, dass eine biomedizinische Aussage noch in 100 Jahren gilt.</p> <p>(A2) Siehe S.2</p>
-------------------------------	---	--

Zeile 18-26 Cartoon B	{Notiz: Schüler 217 findet, man sollte, egal welchen Stand er hat, hinterfragen. Auch wenn das Gegenüber ein Experte ist, heißt das nicht, dass der automatisch Recht hat. Schülerin 218 stimmt zu. Schüler 210 sagt, dass auch Experten auf ihrem Gebiet mal Fehler machen können. Schüler 212 stimmt zu.} {Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}	(B1) Wissenschaftler/innen sind auch nur Menschen, daher muss man alle Aussagen hinterfragen. Man muss nicht alles glauben, da man auch Fehler machen kann. (B2) Siehe S. 3
Zeile 27-35 Cartoon C	{Notiz: Schüler 210 findet, dass sich Antworten auf Fragen auch ändern können, so wie z.B. früher alle dachten, dass die Erde eine Scheibe ist und auch die Experten das gesagt haben und man jetzt ja auch anderer Meinung ist. Schüler 217 stimmt zu und schließt sich auch der Meinung des Mädchens an, da man sich nicht immer eindeutig festlegen könne.} {Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}	(C1) In der Biomedizin lassen sich nicht immer auf Fragen Antworten finden. Antworten auf Fragen können sich auch ändern. (C2) Siehe S. 4
Zeile 36-51 Cartoon D	{Auf Nachfrage, wer schon was zu D hat:} Nein {, ich hab zu D} noch nichts. D habe ich noch nicht geschafft. {Notiz: Schüler 212 ist da auch noch nicht. Schüler 210 sagt, dass man Experimente immer mehrmals durchführen muss, eigentlich immer drei Mal. Schüler 217 stimmt zu, zur Fehlervermeidung. Schüler 210 sagt außerdem, dass man durch Neugier motivierter arbeitet und so bessere Ergebnisse erzielen kann. Schüler 212 stimmt zu}	(D1) Man muss manche Experimente mehrmals durchführen, da auch Fehler auftreten können. Durch Neugier arbeitet man viel motivierter. (D2) Man muss Experimente mehrmals durchführen, da auch Fehler auftreten können. Durch Neugier arbeitet man viel motivierter.

Geordnete Aussagen

Zeile 1-17: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur linken männlichen Person (Feld A1) Es muss nicht sein, dass eine biomedizinische Aussage noch in 100 Jahren gilt. Nein {, ich stimme auch zu, dass wissenschaftliche Aussagen, die belegt sind durch moderne Technik widerlegt werden kann.} Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Einstimmige Meinung aller Gruppenmitglieder</i>
Zeile 18-26: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	Zustimmung zur weiblichen Person Wissenschaftler/innen sind auch nur Menschen, daher muss man alle Aussagen hinterfragen. Man muss nicht alles glauben, da man auch Fehler machen kann. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten <i>Einstimmige Meinung aller Gruppenmitglieder {Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i>
Zeile 27-35: Cartoon C & schriftliche	Zustimmung zur weiblichen Person In der Biomedizin lassen sich nicht immer auf Fragen Antworten finden. Antworten auf Fragen können sich auch ändern. Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten

Cartoon- Antwort	<i>Diskussion dreht sich eher darum, dass frühere Erkenntnisse sich verändern können bzw. man sich nicht immer eindeutig festlegen könne. {Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht}</i>
Zeile 36-51: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt Man muss manche Experimente mehrmals durchführen, da auch Fehler auftreten können.</p> <p>Wichtigkeit von Neugier und Kreativität Durch Neugier arbeitet man viel motivierter.</p> <p>Änderung oder Ergänzung der Aussage nach der Diskussion? & Auffälligkeiten {Auf Nachfrage, wer schon was zu D hat, sagt Schüler 8: „Nein {, ich hab zu D} noch nichts. D habe ich noch nicht geschafft.“ Es scheint also (da Feld D1 und D2 wortwörtlich übereinstimmen), als habe Schüler 8 hinterher beide Felder ausgefüllt. In der Diskussion sagen die anderen, dass man Experimente mehrmals durchführen müsse, eigentlich immer dreimal, zur Fehlervermeidung. Außerdem sagen die anderen, dass man durch Neugier viel motivierter arbeitet und so bessere Ergebnisse erzielen kann. Möglicherweise hat Schüler 8 das dann für die eigene Meinungsäußerung übernommen.</p>

Explikation

Zeile 1-17: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur linken männlichen Person) Schüler 8 schreibt im ersten Feld der Meinungsäußerung, dass es nicht sein müsse, dass eine biomedizinische Aussage noch in 100 Jahren gelte. In der Diskussion stimmt Schüler 8 auch zu, dass wissenschaftliche Aussagen, die belegt sind, durch moderne Technik widerlegt werden könne. Schüler 8 verweist im zweiten Feld der Meinungsäußerung auf seine verschriftlichte Meinung in Feld A1.</p> <p><i>*Einstimmige Meinung aller Gruppenmitglieder</i></p>
Zeile 18-26: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 8 ist der Auffassung, dass Wissenschaftler/innen auch nur Menschen seien und man daher alle Aussagen hinterfragen müsse. Schüler 8 erläutert weiter, dass man nicht alles glauben müsse, da man auch Fehler machen könne.</p> <p><i>*Einstimmige Meinung aller Gruppenmitglieder, Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>
Zeile 27-35: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person) Schüler 8 ist der Auffassung, dass sich in der Biomedizin nicht immer auf Fragen Antworten finden lassen. Schüler 8 ergänzt, dass sich Antworten auf Fragen auch ändern können.</p> <p><i>*Diskussion dreht sich eher darum, dass frühere Erkenntnisse sich verändern können bzw. man sich nicht immer eindeutig festlegen könne. Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>
Zeile 36-51: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt) Schüler 8 ist der Auffassung, dass man manche Experimente mehrmals durchführen müsse, da auch Fehler auftreten könnten.</p> <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität) Schüler 8 ist der Auffassung, dass man durch Neugier viel motivierter arbeiten würde.</p>

	<p>*Auf Nachfrage in der Diskussion, wer schon was zu D habe, sagt Schüler 8, dass er noch nichts zu D habe, weil er das noch nicht geschafft habe. Es scheint also (da Feld D1 und D2 wortwörtlich übereinstimmen), als habe Schüler 8 hinterher beide Felder ausgefüllt. In der Diskussion sagen die anderen, dass man Experimente mehrmals durchführen müsse, eigentlich immer dreimal, zur Fehlervermeidung. Außerdem sagen die anderen, dass man durch Neugier viel motivierter arbeitet und so bessere Ergebnisse erzielen kann. Möglicherweise hat Schüler 8 das dann für die eigene Meinungsäußerung übernommen.</p>
--	--

Einzelstrukturierung

Zeile 1-17: Cartoon A & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur linken männlichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Feld A2) Es müsse nicht sein, dass eine biomedizinische Aussage noch in 100 Jahren gelte. • (In der Diskussion Zustimmung), dass wissenschaftliche Aussagen, die belegt sind, durch moderne Technik widerlegt werden könne. <p><i>Schüler 8 verweist im zweiten Feld der Meinungsäußerung auf seine verschriftlichte Meinung in Feld A1.</i></p> <p><i>*Einstimmige Meinung aller Gruppenmitglieder</i></p>
Zeile 18-26: Cartoon B & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftler/innen seien auch nur Menschen und man daher alle Aussagen hinterfragen müsse. • Man müsse nicht alles glauben, da man auch Fehler machen könne. <p><i>*Einstimmige Meinung aller Gruppenmitglieder, Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>
Zeile 27-35: Cartoon C & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur weiblichen Person)</p> <ul style="list-style-type: none"> • In der Biomedizin ließen sich nicht immer auf Fragen Antworten finden. • Die Antworten auf Fragen könnten sich auch ändern. <p><i>*Diskussion dreht sich eher darum, dass frühere Erkenntnisse sich verändern können bzw. man sich nicht immer eindeutig festlegen könne. Schüler 8 äußert sich zu diesem Cartoon nicht</i></p>
Zeile 36-51: Cartoon D & schriftliche Cartoon- Antwort	<p>(Zustimmung zur männlichen Person im T-Shirt)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Man müsse manche Experimente mehrmals durchführen, da auch Fehler auftreten könnten. <p>(Wichtigkeit von Neugier und Kreativität)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Neugier würde man viel motivierter arbeiten. <p><i>Auf Nachfrage in der Diskussion, wer schon was zu D habe, sagt Schüler 8, dass er noch nichts zu D habe, weil er das noch nicht geschafft habe. Es scheint also (da Feld D1 und D2 wortwörtlich übereinstimmen), als habe Schüler 8 hinterher beide Felder ausgefüllt. In der Diskussion sagen die anderen, dass man Experimente mehrmals durchführen müsse, eigentlich immer dreimal, zur Fehlervermeidung. Außerdem sagen die anderen, dass man durch Neugier viel motivierter arbeitet und so bessere Ergebnisse erzielen kann. Möglicherweise hat Schüler 8 das dann für die eigene Meinungsäußerung übernommen.</i></p>

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich von Herzen allen Personen danken, die mich während meiner Promotionszeit auf dem Weg zur Doktorarbeit begleitet und unterstützt haben. An erster Stelle gebührt mein Dank meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. Kerstin Kremer. Liebe Kerstin, ich danke Dir für die fachdidaktische Betreuung, die zahlreichen konstruktiven und inhaltlichen Diskussionen über meine Arbeit und die persönliche Begleitung und Unterstützung in dieser Zeit. Danke, dass Du meine Promotion so vielfältig gestaltet und mir außerdem zahlreiche Erfahrungen und Erlebnisse auf Konferenzen und Fortbildungen eröffnet hast. Weiter gilt mein Dank meinem Zweitbetreuer Herrn Prof. Dr. Hinrich Schulenburg. Lieber Hinrich, vielen Dank für die fachliche Betreuung und Deine immerwährende Unterstützung. Es war für mich sehr bereichernd, ein Teil Deiner Abteilung zu sein. Danke Euch beiden, dass Ihr mich mit Eurer Begeisterung und Freude für die Wissenschaft angesteckt habt und meine Promotion durch Eure Betreuung und das freiheitliche wie auch fordernde Arbeitsumfeld zu dieser prägenden und bereichernden Zeit gemacht habt.

Ein besonderer Dank gebührt auch meiner Mentorin Frau Dr. Andrea Bernholt. Liebe Andrea, danke für Deine Unterstützung in der Datenanalyse und dem Schreibprozess bis hin zur Abgabe der Dissertation. Danke, dass Du immer ein offenes Ohr für mich hattest, mir stets zur Seite gestanden hast und mir mit Deinem stetig aufmunternden Zuspruch immer ein Lächeln ins Gesicht gezaubert hast. Ich hätte mir keine bessere Mentorin wünschen können. Ganz herzlicher Dank gilt ebenso Herrn Dr. Leif Tüffers, mit dem ich gemeinsam die außerschulische Lerneinheit „Den Resistenzen auf der Spur“ entwickeln durfte. Lieber Leif, ich danke Dir für Deine engagierte Mitarbeit und Deine Zeit, die Du in das Projekt investiert hast. Ich habe viel von Dir lernen können und es hat mir viel Freude bereitet mit Dir zusammenzuarbeiten. Ohne Dich wäre die Konzeption der Einheit nicht möglich gewesen.

Frau Prof. Dr. Ilka Parchmann gebührt mein Dank für die Möglichkeit, in diesem vielfältigen Projekt promovieren zu dürfen und ihr stetiges Vertrauen in meine Arbeit. Ihr Einsatz ermöglichte es mir, meine Arbeit zu verschiedenen Anlässen vor Fachpublikum zu präsentieren und so für mich inhaltlich wertvolle Diskussionen anzustoßen. Außerdem danke ich dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU), der Leibniz-Gemeinschaft und dem Land Schleswig-Holstein für die Finanzierung im Rahmen des Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) sowie dem Exzellenzcluster Entzündungsforschung bzw. Präzisionsmedizin für chronische Entzündungserkrankungen für die finanzielle Unterstützung des Projektes. Gleichmaßen gilt mein Dank dem gesamten KiSOC-Team und natürlich insbesondere meinen ebenfalls promovierenden Kolleginnen und Kollegen. Liebe

KiSOCs, es war schön gemeinsam mit Euch diesen Weg zu gehen und ich möchte Danke sagen für die zahlreichen inhaltlichen Diskussionen im gemeinsamen Büro, Eure Unterstützung und die schöne Zeit mit Euch innerhalb und außerhalb des IPN. Außerdem gebührt mein Dank gleichermaßen Frau Prof. Dr. Ute Harms sowie Herrn Prof. Dr. Hinrich Schulenburg für die herzliche Aufnahme in ihre Abteilungen sowie allen Mitarbeitenden der Abteilung Didaktik der Biologie am IPN sowie der Abteilung Evolutionsökologie und Genetik an der CAU. Danke für die lehrreiche und bereichernde Zeit sowie die inhaltliche und persönliche Unterstützung. Insbesondere gilt mein Dank Frauke Voitle für die zahlreichen gemeinsamen inhaltlichen Diskussionen in dieser Zeit.

Außerdem möchte ich allen Menschen danken, ohne die eine Durchführung der Interventionsstudie nicht möglich gewesen wäre. Dabei gilt mein erster Dank Frau Dr. Birgit Heyduck für ihre Unterstützung bei der Durchführung der Projekttag im life:labor der Kieler Forschungswerkstatt. Danke liebe Birgit, dass Du mir mit Deinen Erfahrungen und Ratschlägen bei der Umsetzung des Schülerlaborprogramms stets zur Seite gestanden hast. Weiter gilt mein Dank Frau Dr. Ingrid Bobis und dem Universitätsklinikum Schleswig-Holstein sowie León Kobzik für die engagierte Mitarbeit bei der Erstellung des Films. Außerdem bedanke ich mich bei allen Schülerinnen und Schülern für die Teilnahme an der Studie sowie bei den Schulleitungen, Lehrkräften und Eltern für ihr Einverständnis zur Studiendurchführung. Ferner möchte ich den Hilfskräften danken, die mich während meiner Promotion unterstützt haben: Peter Wedekind, Christoph Münch, Christina Claussen, Tanja Dwenger, Phong Nguyen, Lena Finck, Niels Falkenhain, Kira Ovenbeck, Arne Stichweh, Niklas von Moers, Fynn Wendorff und Vanessa Vogt.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, Renate und Paul-Peter Kapitza, die mich nicht nur auf diesem Weg, sondern schon mein ganzes Leben lang begleiten und an mich glauben. Ich möchte Euch an dieser Stelle Danke sagen für eine wundervolle Kindheit, für ein festes Fundament unter meinen Füßen und für Eure immerwährende und bedingungslose Unterstützung. Außerdem möchte ich meinem Bruder, Paul Kapitza, danken. Lieber Paul, ich bin froh, so einen wunderbaren Bruder zu haben, und dankbar, dass wir gemeinsam durch das Leben gehen. Außerdem gilt mein Dank meinen Großeltern und meiner ganzen Familie für ihre Liebe und ihren Rückhalt. Von Herzen möchte ich außerdem Matthias Lenga danken, der mich unermüdlich mit vielen Anregungen, Ratschlägen und beruhigenden Worten unterstützt hat und immer ein offenes Ohr für mich hatte. Danke, dass Du immer an meiner Seite bist, mir mit Deinen Erfahrungen stets weitergeholfen hast und mit mir durch alle Höhen und Tiefen gegangen bist. Weiter gilt mein Dank Nastazja Kruszewski für unsere Freundschaft sowie ihre stetige Unterstützung und ihr Verständnis in all der Zeit. Liebe Nastazja, es tut gut, eine Freundin wie Dich an meiner Seite zu wissen. Außerdem gilt mein Dank auch all meinen anderen lieben Freundinnen und Freunden. Es ist schön, gemeinsam mit Euch durch das Leben gehen zu dürfen und dabei gemeinsam mit Euch Glück teilen und Hürden meistern zu können.

PUBLIKATIONEN UND PRÄSENTATIONEN

Zeitschriftenbeiträge

Claussen, C., Knapp, J. M., **Kapitza, M.**, Bernholt, A., Schulenburg, H. & Kremer, K. (angenommen). Wissenschaftskommunikation an der Universität zu Kiel: Metaorganismus-Forschung trifft Schule. *Biologie in unserer Zeit*.

Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2020). Den Resistenzen auf der Spur- Außerschulisches Lernen zur Förderung epistemischer Überzeugungen. *MNU Journal*, 73 (1), 36–40.

Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2018). Wie gelangen antibiotikaresistente Keime in einen Badensee? Folgen der Antibiotikaresistenz verstehen. *Unterricht Biologie*, 42 (439), 27–33.

Buchkapitel

Kremer, K. & **Kapitza, M.** (2020). Untersuchung von epistemischen Überzeugungen im Schülerlabor – Möglichkeiten und Herausforderungen. In K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.), *Handbuch Forschen im Schülerlabor – Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete* (S. 79–90). Waxmann.

Sonstiges

Gleißmer, M. S., **Kapitza, M.** & Siebert, S. für den Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) (2019). Der KiSOC zeigt, wie's gehen kann. Wissenschaftskommunikation mit Instagram-Teil 2. *IPN Journal*, 1, 27-31.

Gleißmer, M. S., **Kapitza, M.** & Siebert, S. für den Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) (2018). Der KiSOC zeigt, wie's gehen kann. Wissenschaftskommunikation mit Instagram. *IPN Journal*, 4, 9-15.

Wissenschaftliche Vorträge

Kapitza, M. (2019). *Profile und Profilübergänge im Schülerlabor an der Universität*. Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) und der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband für Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio), Universität Wien, Wien, 09.09-12.09.19.

Kapitza, M. (2018). *Addressing epistemic beliefs in out-of-school-learning: A project day about interdisciplinary research on antibiotic resistance*. Vortrag auf der Tagung der Special Interest Group „Science|Environment|Health“ der European Science Education Research Association (ESERA), Kiel, 20.08-21.08.2018.

Kapitza, M. (2017). *Science Outreach for Medical Life Science*. Vortrag auf dem „Symposium on Pathogen Evolution“, Zoologisches Museum, Kiel, 20.07-21.07.2017.

Wissenschaftliche Poster

Kapitza, M., Tüffers, L., Appelhans, Y. S., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2017). *Science Outreach am Beispiel der Gesundheitsforschung*. Poster auf der Jahrestagung der Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Universität Regensburg, Regensburg, 18.09-21.09.2017.

Kapitza, M., Tüffers, L., Appelhans, Y. S., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2017). *Science Outreach zu Forschung in der Biomedizin*. Poster auf der 21. Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband für Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio), Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, 11.09-14.09.2017.

Kapitza, M., Tüffers, L., Appelhans, Y. S., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2017). *Science Outreach for Medical Life Science*. Poster auf der „12th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)“, Dublin, Irland 21.08-25.08.2017.

Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2017). *Science Outreach for Health Literacy*. Poster auf der 19. Internationalen Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband für Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin (VBIO), Universität Rostock, Rostock, 20.03-23.03.2017.

Kapitza, M., Kremer, K. & Schulenburg, H. (2016). *Science for Health Literacy*. Poster auf dem Retreat des Sonderforschungsbereichs 1182 „Origin and functions of metaorganisms“ und der Mitglieder von Kiel Life Science (KLS), Schleswig, 16.11-18.11.2016.

Workshops und Fortbildungen für Lehrkräfte

Kapitza, M. (2019). Dreimalige Durchführung eines Workshops für Lehrkräfte im Rahmen der Lehrerfortbildung „Biologie - es kann so einfach sein - ein methodisch bunter Blumenstrauß“ für Lehrkräfte aus Brandenburg, Schlepzig.

Voitle, F., **Kapitza, M.** & Kremer, K. (2018). *Wissenschaftsverständnis vermitteln - Entwicklung und Diskussion von Unterrichtsmaterialien*. Workshop für Lehrkräfte auf der Herbsttagung „Digitalisierung im MINT-Unterricht“ des MNU Landesverbands Nordrhein und der Universität zu Köln, Köln.

Kapitza, M. (2018). „Den Resistenzen auf der Spur“-Ein Projekttag im Schülerlabor über interdisziplinäre Forschung zu Antibiotikaresistenz. Workshop für Lehrkräfte auf der Herbsttagung für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht des MNU Landesverbands Schleswig-Holstein, Kiel.

Schwarzer, S., Hollweck, S., Kremer, K. & **Kapitza, M.** (2018). *Teaching Spirit-* Workshop für Lehrkräfte auf der 68. Lindauer Nobelpreisträgertagung, Lindau.

Outreach und außerschulische Lernangebote

Gleißner, M., Hölscher, D., **Kapitza, M.**, Krüger, J., Michalik-Sobolewski, P., Rap, S., Sattelkau, C., Siebert, S., Stumpenhorst H., Thoma, G., Weiler, N. & Weisermann, M. (2018). Kieler uni live auf der Kieler Woche 2018.

- Kapitza, M.** & Tüffers, L. (2018) Durchführung von zwölf Schülerlabor-Projekttagen „Den Resistenzen auf der Spur“ (inkl. Vorbereitungsstunde und sechsmal inkl. Nachbereitungsstunde) im life:labor der Kieler Forschungswerkstatt.
- Kapitza, M.** & Tüffers, L. (2017) Durchführung von vier Schülerlabor-Projekttagen „Den Resistenzen auf der Spur“ (inkl. Vorbereitungsstunde) im life:labor der Kieler Forschungswerkstatt.
- Parchmann, I., Kampschulte, L., Appelhans, Y. S., **Kapitza, M.**, Sattelkau, C., Siebert, S., Michalik-Sobolweski, P., Weisermann, M. & Peter, M. (2017). *Vom Ozean zu Nanowelten - eine Kreuzfahrt durch die Welt der Wissenschaftskommunikation*. Vortrag im Zelt kieler uni live auf der Kieler Woche.
- Petersen, C., Heyduck, B. & **Kapitza, M.** (2016) Betreuung des Projekttags „*Evolution - Arbeiten mit dem Modellorganismus C. elegans*“ an jeweils vier Tagen im Rahmen der Darwin-Woche, Kieler Forschungswerkstatt.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass diese Dissertation - abgesehen von der Beratung durch meine Betreuenden - nach Inhalt und Form meine eigenständige und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasste Arbeit ist. Die vorliegende Dissertation wurde weder ganz noch zum Teil einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegt, veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht. Teile der Befunde der vorliegenden Dissertation wurden bereits in Form von Zeitschriftenartikeln oder einem Buchkapitel publiziert (siehe Publikationsverzeichnis). Die vorliegende Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden. Ich erkläre ferner, dass mir kein akademischer Grad entzogen wurde.

Kiel, 29.07.2020

Martina Kapitza